



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL
SUSTENTÁVEL

CICERA CAMILA ALVES MACÊDO

DIAGNÓSTICO DA ERODIBILIDADE E DA QUALIDADE HIDRICA EM
UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO MUNICIPAL

CRATO-CE, 2019

CICERA CAMILA ALVES MACÊDO

**DIAGNÓSTICO DA ERODIBILIDADE E DA QUALIDADE HIDRICA EM
UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO MUNICIPAL**

Linha de Pesquisa: Uso e ocupação do solo no âmbito do planejamento urbano e geotecnia
ambiental

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável - PRODER, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável.

Orientador (a): Prof^ª. Dr^ª. Ana Patricia Nunes
Bandeira

Co-orientador(a): Prof^ª. Dr^ª. Maria Gorethe de
Sousa Lima Brito

CRATO-CE, 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Cariri
Sistema de Bibliotecas

- M141d Macêdo, Cícera Camila Alves.
Diagnóstico da erodibilidade e da qualidade hídrica em unidade de conservação municipal/
Cícera Camila Alves Macêdo.– 2019.
91 f.: il.; color.; enc. ; 30 cm.
(Inclui bibliografia p. 81-90).
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Cariri, Centro de Ciências Agrárias e
Biodiversidade, Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável, Crato, 2019.
Área de concentração: Desenvolvimento Regional Sustentável.
- Orientação: Prof^a. Dra. Ana Patricia Nunes Bandeira.
Coorientação: Prof^a. Dra. Maria Gorethe de Sousa Lima Brito.
- 1.Unidade de Conservação. 2. Erosão. 3. Água. 4. Desenvolvimento Sustentável. I. Título.

CDD 631.45

Bibliotecário: João Bosco Dumont do Nascimento – CRB 3/1355

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pela oportunidade concebida e principalmente por ter me dado animo e coragem para concluir mais uma etapa.

Aos meus pais, avós, tios, irmão e futuro esposo, Francisco William Saraiva Leite, e demais familiares que souberam compreender os momentos mais difíceis, ajudando-me para que eu prosseguisse os meus estudos.

A minha orientadora Profa. Dra. Ana Patrícia Nunes Bandeira e co-orientadora Maria Gorethe de Sousa Lima pelos incentivos, paciência e orientações para elaboração desta pesquisa.

Aos Professores, Mestre Mira Raya Paula de Lima, Dr. João Barbosa de Souza Neto e Dr. Paulo R. L. Tavares, pelas sugestões e auxílios durante o desenvolvimento desta pesquisa.

À coordenação do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER) e demais professores do programa que exerceram uma boa influência na minha formação.

A todos os meus amigos e colegas que direto e/ou indiretamente contribuíram para realização deste sonho. Em especial a minha amiga Debora Nery de Souza, Elvis Alves de Oliveira, Gerbeson Sampaio Clarindo.

A Companhia de Água e Esgoto do estado do Ceará – Cagece, pelo incentivo ao estudo e em especial Gerente da Unidade de Bacia do Salgado (UNBSA), Francisco Gilberto Máximo Bezerra Junior.

A Secretaria de Meio Ambiente e Serviços Públicos (SEMASP) e a Autarquia de Meio Ambiente (AMAJU), representado pelo Sr. Sidney Kal-Rais Pereira de Alencar, pelas pela receptividade e solicitações atendidas.

“Até aqui nos ajudou o Senhor.”

(1 Samuel 7:12)

RESUMO

O uso e a ocupação inadequada do solo e a falta de conservação dos corpos hídricos são alguns dos principais fatores de degradação ambiental urbana, como os processos erosivos e a poluição dos mananciais. O presente estudo teve a proposição de realizar um diagnóstico dos processos erosivos e da qualidade da água da lagoa do Parque Natural Municipal das Timbaúbas, localizado no município de Juazeiro do Norte-CE. O estudo foi pautado na delimitação da microbacia, caracterização morfométrica da microbacia, classificação de uso e ocupação do solo utilizando o VANT, determinação da taxa de desagregação do solo e perdas de solo em parcelas experimentais e na verificação da qualidade da água da Lagoa dos Macacos, através de análises laboratoriais de parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Os resultados mostraram que o Parque está inserido em uma microbacia de canais retilíneos, favorecendo os transportes de sedimentos. O local apresenta diversos sulcos e ravinas, sendo o solo considerado de elevada suscetibilidade aos processos erosivos, verificada por meio de ensaios de perdas de solo em parcelas erosivas experimentais, sendo a erosão do solo mais intensa quando o solo está sem proteção superficial. Quanto a qualidade da água da Lagoa dos Macacos, verificou-se que esta variou de razoável a ruim, fato este, atribuído ao aporte diário de águas cinzas provenientes do sistema de drenagem de águas pluviais. Em relação ao atendimento aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005, constatou-se que as concentrações de DBO e Sulfeto não atenderam a normativa durante a todos os ciclos de coleta. No Grupo I, verificou-se que 25 % das concentrações de nitrogênio amoniacal e 62% de fósforo não atenderam os limites estabelecidos e no Grupo II os valores de pH, OD e fósforo também não atenderam os padrões estabelecidos pelo CONAMA. Os resultados obtidos permitiram concluir que a Unidade de Conservação apresenta processos erosivos acentuados, que favorecem o assoreamento das lagoas e comprometem a qualidade da água, alterando assim, a dinâmica do ecossistema aquático.

Palavras-chave: Unidade de Conservação, Erosão, Água, Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

Inadequate land use and occupation and poor conservation of water bodies are some of the main factors of urban environmental degradation, such as erosion processes and pollution of water sources. This study aimed to make a diagnosis of the erosive processes and water quality of the Timbaúbas Municipal Natural Park lagoon, located in Juazeiro do Norte-CE. The study was based on the delineation of the watershed, morphometric characterization of the watershed, classification of land use and occupation using the UAV, determination of soil disintegration rate and soil losses in experimental plots and verification of water quality of Lagoa dos Macacos. , through laboratory analysis of physicochemical and microbiological parameters. The results showed that the park is inserted in a rectilinear canal microbasin, favoring sediment transport. The soil type of the site presents high susceptibility to erosive processes, with presence in the site of furrows and ravines. Experiments have shown that the first rainfall events of the rainy season, when the soil profile is still unsaturated, cause greater soil wear; soil breakdown being more intense when the soil is without surface protection. As for the water quality of the Lagoa dos Macacos, it was found to vary from reasonable to bad, a fact attributed to the daily supply of gray water from the rainwater drainage system. Regarding compliance with the standards established by CONAMA Resolution No. 357/2005, it was found that the concentrations of BOD and Sulphide did not meet the standards during all collection cycles. In Group I, it was found that 25% of ammonia nitrogen and 62% phosphorus concentrations did not meet the established limits and in Group II the pH, OD and phosphorus values also did not meet the standards established by CONAMA. The obtained results allowed to conclude that the Conservation Unit presents accentuated erosive processes, which favor the siltation of the lagoons and compromise the water quality, thus altering the dynamics of the aquatic ecosystem.

Keywords: Conservation Unit, Erosion, Water, Sustainable Development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Benefícios dos Serviços Ecosistêmicos	23
Figura 2. Evolução de degradação do solo	26
Figura 3. Métodos para avaliação da erodibilidade dos solos	27
Figura 4. Parcela delimitando um processo erosivo em sulco.....	29
Figura 5. Perda de solo na parcela experimental no ano de 2006	30
Figura 6. Evolução da taxa de desagregação do solo:(A) com cobertura vegetal; e (B) solo descoberto	31
Figura 7. Localização do Município de Juazeiro do Norte-CE	36
Figura 8. Localização do Parque Natural Municipal das Timbaúbas.....	38
Figura 9. Pluviômetro na Sede da Secretaria de Meio Ambiente e Serviços Públicos .	44
Figura 10. Parcela Experimental I.....	44
Figura 11. Parcelas Experimentais: II (cobertura vegetal), III (sem vegetação)	45
Figura 12. Determinação da velocidade de escoamento superficial.....	47
Figura 13. Coleta dos sedimentos em parcela experimental de solo	48
Figura 14. Ensaio Guelph	50
Figura 15. Localização dos pontos de coleta de água	51
Figura 16. Delimitação da Microbacia Timbaúbas	56
Figura 17. Classificação da área do Parque Natural Municipal das Timbaúbas	57
Figura 18. Processos erosivos: sulcos e ravinamentos no Parque	58
Figura 19. Presença de erosão laminar	59
Figura 20. Sistema de drenagem pluvial ineficiente	59
Figura 21. Disposição inadequada de resíduos sólidos	60
Figura 22. Construções Cíveis: 4ª Cia de Polícia Militar de Meio Ambiente.....	60
Figura 23. Lançamento indevido de águas cinzas na rede de drenagem pluvial.....	69
Figura 24. Lagoa dos Macacos em julho de 2018.....	70
Figura 25. Lagoa dos Macacos em setembro de 2018	71
Figura 26. Despejo de esgoto em Área de Proteção Ambiental	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Pluviometria da FUNCEME e do pluviômetro instalado no Parque.....	61
Gráfico 2. Correlação entre a precipitação pluviométrica e a perda de solo na parcela experimental	62
Gráfico 3. Perda de solo acumulado na parcela	65
Gráfico 4. Taxa de desagregação acumulada do solo na parcela experimental.....	65
Gráfico 5. Taxa de desagregação considerando o solo exposto do Parque	65
Gráfico 6. Valores de IQA da lagoa dos Macacos	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Parâmetros de Qualidade da Água	51
Quadro 2. Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos.....	53
Quadro 3. Caracterização morfométrica da microbacia das Timbaúbas em Juazeiro do Norte	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Padrão de qualidade para corpos d'água doce	33
Tabela 2. Parâmetros e expressões matemáticas	42
Tabela 3. Intensidade máxima média de precipitação em Juazeiro do Norte.....	46
Tabela 4. Parâmetros obtidos no escoamento simulado na parcela erosiva	63
Tabela 5. Dados obtidos nas parcelas experimentais de solo sem cobertura vegetal e com efeito da cobertura vegetal.....	64
Tabela 6. Estatística descritivas dos resultados das amostras de água da Lagoa dos Macacos	66
Tabela 7. Teste de Kruskal-Wallis do Grupo I e II.....	67
Tabela 8. Caracterização de águas cinzas	74
Tabela 9. Atendimento aos padrões estabelecidos pelo CONAMA N° 357/2005	75

LISTA DE ABREVIÇÕES, MONECLATURAS E SIMBOLOGIAS

ANA	Agência Nacional de Águas
AMAJU	Autarquia Municipal de Meio Ambiente
API	Área de Proteção Integral
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IQA	Índice de Qualidade da Água
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SEMASP	Secretária de Meio Ambiente e Serviços Públicos
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC	Unidades de Conservação
UFCA	Universidade Federal do Cariri
VANT	Veículo aéreo não tripulado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. <i>Objetivo Geral</i>	<i>17</i>
2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	<i>17</i>
3. JUSTIFICATIVA	18
4.FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	19
4.1. <i>Legislação Ambiental e Sustentabilidade</i>	<i>19</i>
4.1.1 <i>Proteção do meio ambiente no Brasil</i>	<i>20</i>
4.1.2 <i>Proteção das unidades de conservação</i>	<i>21</i>
4.2. <i>Caracterização Morfométrica de Bacia Hidrográfica</i>	<i>24</i>
4.3. <i>Erosão e Processo de Assoreamento dos Corpos Hídricos</i>	<i>25</i>
4.4. <i>Qualidade dos Recursos Hídricos</i>	<i>31</i>
4.4.1. <i>Parâmetros de Qualidade da Água</i>	<i>34</i>
5. APRESENTAÇÃO DA AREA DE ESTUDO	36
5.1. <i>Localização e Dados Gerais da Área de Estudo</i>	<i>36</i>
5.2. <i>Tipo de Pesquisa</i>	<i>40</i>
6. ETAPAS METODOLOGIAS	42
6.1. <i>Delimitação da microbacia, Caracterização morfométricas e Classificação de uso e ocupação do solo</i>	<i>42</i>
6.2. <i>Estudo da Erodibilidade do solo Parque Natural Municipal das Timbaúbas</i> .	<i>43</i>
6.2.1. <i>Análise da perda do solo devido às chuvas naturais</i>	<i>43</i>
6.2.2. <i>Perdas de solo e taxa de desagregação do solo por escoamento superficial simulado</i>	<i>45</i>
6.2.3. <i>Análise da Permeabilidade do Solo</i>	<i>49</i>
6.3. <i>Qualidade de Corpos Aquáticos</i>	<i>50</i>
6.3.1. <i>Levantamento dos pontos de amostragem, coleta e análise das amostras</i>	<i>50</i>
6.3.2. <i>Determinação do IQA</i>	<i>52</i>
6.3.3. <i>Tratamento estatístico</i>	<i>54</i>

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
7.1. <i>Caracterização morfométricas e Classificação de uso e ocupação do solo.....</i>	<i>55</i>
7.2. <i>Erodibilidade do solo do Parque Natural Municipal das Timbaúbas.....</i>	<i>58</i>
7.2.1. <i>Perdas de solo em parcela experimental devido às chuvas naturais</i>	<i>61</i>
7.2.2. <i>Taxas de desagregação do solo e perdas de solo causadas pelo escoamento superficial simulado</i>	<i>63</i>
7.3. <i>Qualidade Hídrica da Lagoa dos Macacos.....</i>	<i>66</i>
7.3.1 <i>Resultados dos parâmetros físico-químicos analisados na água da Lagoa dos Macacos</i>	<i>66</i>
7.3.2. <i>Comparativo com a Resolução CONAMA 357/2005</i>	<i>75</i>
7.3.3. <i>Índice de Qualidade de Água (IQA)</i>	<i>76</i>
CONCLUSÃO.....	79
RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	80
REFERÊNCIAS	81

1. INTRODUÇÃO

O uso e ocupação desordenados do solo em áreas urbanas são os principais responsáveis pela transformação de condições naturais dos recursos ambientais, tais como, o solo, o ar, a água, a fauna e a flora.

De acordo com Dantas *et al.* (2012), a conservação dos recursos naturais tem sido um dos temas mais discutidos no século XXI, em busca da sadia qualidade de vida da população e do meio ambiente. Dentre os temas destaca-se a conservação das águas e sua valoração, vez que a disponibilidade da água tem reduzido consideravelmente em termo de quantidade e padrões de potabilidade para consumo humano, devido a descargas impróprias, como águas residuárias, produtos tóxicos e nutrientes (nitrogênio e fósforo, principalmente).

Na conservação dos corpos hídricos ressalta-se também a ação dos processos erosivos das áreas de entorno, nos quais transportam de sedimentos, nutrientes e poluentes para os córregos, rios e reservatórios (MAEDA, 2008), contribuindo para as ocorrências de enchentes e/ou assoreamentos. Esses fatores podem ser avaliados através de uma caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica, e por meio de estudos do solo e cobertura vegetal.

Diante do esgotamento dos recursos naturais e de uma vasta degradação ambiental, surgiu em 1983 o conceito de ecodesenvolvimento, no Relatório *Brundtland*, no qual apresentou um novo olhar para o desenvolvimento, ou seja, desenvolvimento sustentável, sendo este pautado no processo que “satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.” Posteriormente, no evento RIO 92, 179 países assinaram um documento em que se comprometem em promover um novo padrão de desenvolvimento, impulsionando assim, os municípios a elaborarem suas agendas ambientais, baseadas na preservação ambiental, igualdade social, segurança, saúde e educação. Foi então nessa perspectiva da sustentabilidade, que o município de Juazeiro do Norte - CE, através do Decreto Municipal N° 1.083, de 23 de março de 1995, cria a unidade de conservação Parque Ecológico das Timbaúbas, na qual passou por novo enquadramento em 23 de outubro de 2017, vindo a ser unidade de proteção integral municipal, cujo nome alterou-se para Parque Natural Municipal das Timbaúbas, Decreto Municipal N° 352/2017, tendo como principal característica, a preservação dos recursos hídricos.

A Lei Federal Nº 9.985 de julho de 2000, sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), institui as unidades de preservação integral, como locais que possuem características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, de uso indireto dos recursos naturais, ou seja, o uso do local se dá pelas práticas de atividades como de educação ambiental, recreação, turismo ecológico e desenvolvimento de pesquisas científicas. Já as Unidades de Conservação Sustentável permitem a exploração dos recursos naturais, de modo a “garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável” (Lei Federal Nº 9.985 de julho de 2000).

A criação de Unidades de Conservação prever a aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável, conforme objetivos previstos no Art. 4 da Lei Federal Nº 9.985 de julho de 2000. Além disso, a elaboração do plano de manejo para Unidade de Conservação Integral corrobora com a ideia, visto que as ações e atividades do plano, devem envolver a garantia da integridade dos recursos naturais, assegurando as populações “condições e os meios necessários para a satisfação de suas necessidades materiais, sociais e culturais” (HENRY-SILVA, 2005).

Diante do exposto, esta pesquisa tem por finalidade estudar o potencial de erodibilidade do solo e avaliar a qualidade da água da Lagoa dos Macacos, a fim de contribuir na elaboração do plano de manejo do Parque Natural Municipal das Timbaúbas, município de Juazeiro do Norte-CE.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Realizar um diagnóstico dos processos erosivos e da qualidade da água da lagoa do Parque Natural Municipal das Timbaúbas, localizado no município de Juazeiro do Norte-CE.

2.2. Objetivos Específicos

- Delimitar a microbacia hidrográfica utilizando metodologia SIG;
- Obter as características morfométricas da microbacia;
- Analisar a suscetibilidade do solo aos processos erosivos;
- Verificar a perda de solo por escoamentos superficiais simulados;
- Realizar a caracterização físico-química e microbiológica da água da Lagoa dos Macacos.

3. JUSTIFICATIVA

O Art. 8º, § 1º, da Resolução CONAMA Nº 369/2006, considera área verde de domínio público, o espaço que desempenhe função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização.

Os parques urbanos estão diretamente relacionados às formas de gestão ambiental e padrão de crescimento dos núcleos urbanos, alguns centros recebem multidões enquanto outros se vinculam à proteção ambiental (CARDOSO *et al.* 2015).

Portanto, Bargas e Matias (2011) enfatizam a importância das áreas verdes da seguinte forma:

“A manutenção das áreas verdes urbanas sempre foi justificada pelo seu potencial em propiciar qualidade ambiental à população. Ela interfere diretamente na qualidade de vida dos seres por meio das funções sociais, ecológicas, estéticas e educativas, que elas exercem para amenização das consequências negativas da urbanização” (BARGOS E MATIAS, 2011).

Desse modo, o projeto para o Parque Natural Municipal das Timbaúbas é enquadrá-lo como Unidade de Conservação Integral (UCI) junto a Federação, a fim de garantir a preservação do Parque e alcançar a sustentabilidade, faz-se necessário a elaboração de um Plano de Manejo envolvendo a revitalização dos recursos naturais.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2018), este Plano de Manejo deve ser um documento consistente, elaborado a partir de diversos estudos, incluindo diagnósticos do meio físico, biológico e social, estabelecendo as normas, regras e restrições de usos, ou seja, trata-se da criação de um conjunto de ações voltadas para melhorar a qualidade e quantidade de água no interior do Parque, garantindo assim, a despoluição da água, a conservação do solo, o reflorestamento e a preservação da fauna. Além disso, envolve a valorização cultural e econômica e social, por meio de atividades descritas na Lei Nº 9.985 de julho de 2000.

Neste sentido, o presente trabalho fará uma análise da perda de massa de solo por erosão e da qualidade da água da Lagoa dos Macacos, inseridas no Parque Natural Municipal das Timbaúbas, por meio de parcelas erosivas experimentais, com chuva natural e ao escoamento simulado, e pela caracterização físico-química e microbiológica da água, como forma de subsidiar a elaboração do plano de manejo da área.

4.FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

4.1. Legislação Ambiental e Sustentabilidade

O Brasil possui um arcabouço jurídico amplo na custódia do meio ambiente, através de uma legislação ambiental moderna e um considerável número de normas visando tal proteção. Inclusive os municípios brasileiros já contam com leis específicas e Códigos locais de defesa ambiental (KRELL, 2004, p.89 *apud* BATISTA, 2009).

Dulley (2004), diz que:

“Com relação à natureza é interessante notar que, no caso do Brasil, a Constituição Federal de 1988 não contempla os termos natureza e ambiente, referindo-se apenas ao meio ambiente como objeto de regulação e preservação (DULLEY, 2004).”

Na constituição Federal de 1988, no âmbito ambiental têm-se os seguintes incisos a destacar nos Art. 23 e Art. 225:

Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:

VI – Proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;

VII – Preservar as florestas, a fauna e a flora;

IX – Promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico;

XI – Registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios;

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I – Preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

III – definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV – Exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V – Controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI – Promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII – proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica e provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade

4.1.1 Proteção do meio ambiente no Brasil

A Lei Federal Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, cujo objetivo está no artigo 2º, assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, por meio dos princípios da racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar, educação ambiental, recuperação de áreas degradadas, planejamento e fiscalização do uso dos recursos naturais, zoneamento de atividades potencialmente poluidoras, proteção de áreas ameaçadas e ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico.

Desse modo, vale ressaltar as principais leis criadas após a década de 90, dentre elas tem-se:

- Lei Federal Nº 9.433/97 (Política Nacional de Recursos Hídricos) - um dos instrumentos que orienta a gestão das águas no Brasil, no qual seus objetivos específicos são assegurar: “1) a melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em qualidade e quantidade; 2) a redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos e 3) a percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante” (Ministério do Meio Ambiente 2017).
- Lei Federal Nº 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais) - Crimes Ambientais, no qual dispõe de sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Os artigos 29 a 37 relatam os crimes sobre a fauna, os artigos 38 a 53 - crimes contra a flora, os artigos 41 a 61- poluição e outros crimes ambientais, os artigos 62 a 65 – Crimes contra o Ordenamento Urbano e o Patrimônio Cultural e os artigos 66 a 60 – crimes contra administração pública.
- Lei Federal Nº 9.795/99 (Política Nacional de Educação Ambiental), que estabelece princípios básicos e objetivos fundamentais da educação ambiental. A educação ambiental trata-se de “processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”.
- Lei Federal Nº 9.985/2000 (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza) - institui no artigo 1º, o Sistema Nacional de Unidade de Conservação

da Natureza, SNUC, no qual estabelece critérios, norma para criação, implantação e gerenciamento de Unidade de Conservação.

4.1.2 Proteção das unidades de conservação

De acordo com Ministério do Meio Ambiente, as unidades de conservação (UC) são espaços territoriais que possuem atributos ambientais relevantes e têm como função assegurar às populações tradicionais o uso sustentável dos recursos naturais de forma racional e ainda propiciam às comunidades do entorno o desenvolvimento de atividades econômicas sustentáveis.

Assim, no ano 2000 criou-se a Lei Federal Nº 9.985/2000 (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza) que estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação, cujos seus objetivos estão descritos no artigo 4º da referida Lei. Sendo estes, a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais, a proteção das espécies ameaçadas, preservação e restauração da diversidade de ecossistemas naturais, a promoção do desenvolvimento sustentável, a proteção e recuperação dos recursos hídricos, o incentivo e promoção de atividade de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental, a valoração econômica e cultural, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico e a proteção dos recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente.

Além disso, vale destacar a subdivisão das unidades de conservação em dois grupos: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável.

As Unidades de Proteção Integral são compostas pelas seguintes categorias: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre. Já as unidades de uso sustentável pela Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural (Art. 14, Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000).

Diante do exposto, o Parque Natural Municipal das Timbaúbas, localizado no município de Juazeiro do Norte-CE, passou a ser uma Unidade de Conservação, enquadrada na categoria de Área de Proteção Integral (API), desta forma deve buscar a manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferências humanas,

admitindo o uso indireto dos seus recursos, conforme Decreto de Nº 352 de outubro de 2017, cujos objetivos estão pautados da Lei Federal Nº 9.985/2000 e previstos no Art. 1º do Decreto supra, conforme descrito a seguir:

- Art. 1º:** I - Preservar os ecossistemas naturais e seus elementos físicos e biológicos de relevância ecológica, para a garantia e manutenção dos serviços ecossistêmicos;
- II - Restaurar e recuperar a cobertura vegetal existente com espécies do bioma Caatinga e a devida prevenção, erradicação e controle de espécies exóticas invasoras;
- III - Contribuir para o equilíbrio do regime hídrico e melhoria da qualidade das águas do Município;
- IV - Estimular a pesquisa científica especialmente voltada para o manejo do Parque;
- V - Desenvolver atividades de educação e interpretação ambiental e de recreação, em contato com a natureza;
- VI - Propiciar o turismo ecológico e o lazer de forma compatível com os demais objetivos do Parque;
- VII - Assegurar condições de bem-estar público visando a melhoria da qualidade de vida em Juazeiro no Norte/CE;
- VIII - Dispor de infraestrutura necessária ao cumprimento dos objetivos do Parque;
- IX - Incentivar a implantação de ações que promovam a recuperação das áreas degradadas na área do Parque;
- X - Complementar a representatividade do Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) incluindo a proteção integral do bioma Caatinga local. (DECRETO MUNICIPAL nº 352/2017)

Nessa conjuntura, percebe-se que as leis ambientais brasileiras versam sobre o desenvolvimento sustentável, Leff (2001, p.31) descreve:

“O princípio de sustentabilidade surge como uma resposta à fratura da razão modernizadora e como uma condição para construir uma nova racionalidade produtiva, fundada no potencial ecológico e em novos sentidos de civilização a partir da diversidade cultural do gênero humano. Trata-se da reapropriação da natureza e da invenção do mundo; não só de um mundo no qual caibam muitos mundos, mas de um mundo conformado por uma diversidade de mundos, abrindo o cerco da ordem econômico-ecológica globalizada.”

Segundo Mikhailova (2004), o primeiro passo no âmbito do desenvolvimento sustentável foi na Conferência de Estocolmo em 1972 (UN Conference on the Human Environment). Posteriormente, surge o conceito de desenvolvimento sustentável, apresentado no relatório Nosso Futuro Comum, como sendo “aquele que busca as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades.”

Para Sachs (1993), existem cinco dimensões do ecodesenvolvimento, sendo a sustentabilidade social, sustentabilidade econômica, sustentabilidade ecológica, sustentabilidade espacial e sustentabilidade cultural.

Tarrega e Perez (2007) enfatizam que:

“O desenvolvimento sustentável engloba mais que crescimento econômico e proteção ambiental, ele é calcado também na ideia de equidade social e bem-estar, que constitui o seu terceiro pilar. Já foi reconhecido que tanto a pobreza como a riqueza extrema, pressionam o meio ambiente. Portanto, ao se falar em desenvolvimento sustentável, deve-se considerar também o desenvolvimento social, afinal, é plenamente possível que o crescimento econômico coexista com a pobreza disseminada. Ademais, com o desenvolvimento social as pressões sobre o meio ambiente diminuem, na medida em que o uso sustentável dos recursos naturais auxilia a realização da equidade social. “

Castro *et al.* (2012) destacam quatro categorias para os benefícios dos serviços ecossistêmicos apresentadas na Figura 1, pelas quais estão descritas a seguir.

- Serviços de suporte: não oferece vantagens diretas para as pessoas, mas são necessários para o bom funcionamento do ecossistema e auxiliam em outros serviços.
- Serviços de reguladores: são as funções vitais realizadas pelos ecossistemas, no qual raramente recebem valor monetário.
- Serviços de provisão: são os suprimentos de bens, onde os benefícios são diretos para as pessoas, com valor monetário.
- Serviços culturais: fornecem benefícios materiais.

Desse modo, a criação de Unidades de Conservação, corrobora com o objetivo do desenvolvimento sustentável, no qual está pautado na proteção e conservação dos recursos naturais, proporcionando a sadia qualidade de vida à população.

Figura 1. Benefícios dos Serviços Ecossistêmicos



Fonte: Modificado de Castro *et al.*, (2012)

4.2. Caracterização Morfométrica de Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997).

As microbacias são áreas frágeis e frequentemente ameaçadas, sendo o conceito ecológico de grande importância, pois, neste sistema observa-se a delicada interdependência entre os fatores bióticos e abióticos (TEODORO *et al.*, 2007).

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas são indicadores para previsão de enchentes, inundações e erodibilidade, pois atua sobre o processo de “infiltração, o deflúvio, a evapotranspiração e o escoamento superficial e subsuperficial, de forma que a geologia e a geomorfologia refletem diretamente sobre a quantidade de água que entra na bacia hidrográfica” (SOUSA *et al.*, 2016).

O pesquisador Andrade *et al.* (2009) corrobora com a seguinte descrição:

“A delimitação e caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é muito utilizada para análises ambientais e hidrológicas, uma vez que ela é considerada uma captação natural da água de precipitação fazendo todo o escoamento gerado por ela ir para um mesmo ponto. A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas atualmente é realizada com a integração de informações de relevo em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).”

Segundo Villela e Mattos (1975), a forma física da bacia hidrográfica é determinada por índices que se relacionam como formas geométricas, como fator de forma (F), coeficiente de compacidade (Kc) e índice de circularidade (IC), densidade de drenagem, Índice de sinuosidade, entre outras características.

Essas características morfométricas são obtidas através do Sistema de Informação Geográfica – SIG, agregando informações referenciadas e ferramentas computacionais, permitindo assim, a coleta, manipulação, análise dos resultados de um banco de dados que associam estruturas vetoriais- feições e formatos matriciais -rasters ou imagens, (REZENDE, 2012).

Portanto, Biju *et al.* (2015) corroboram com a afirmação supra, conforme texto a seguir:

“Estas ferramentas permitem o processamento das informações, organizando e integrando diferentes tipos de dados e auxiliando na compreensão das relações espaciais, por isso são ferramentas chave na

simulação e precisão das transformações em um processo de planejamento e nas corretas tomadas de decisões” (BIJU, *et al.* 2015).

Desse modo, o uso de tecnologias de geoprocessamento vem sendo utilizadas em grande escala como ferramentas para auxiliar na gestão dos territórios, cuja finalidade é a realização de uma análise ambiental, uma vez que apresenta uma abordagem múltipla e rápida na geração de resultados (FONSECA *et al.*, 2013).

4.3. Erosão e Processo de Assoreamento dos Corpos Hídricos

A erosão é um processo resultante da desagregação, transporte e deposição de sedimentos. Para Bandeira (2003), a erosão hídrica pluvial se inicia com impacto da gota de chuva no solo, provocando a desagregação das partículas. Após a ruptura dos agregados, o processo dá sequência com o arraste das partículas devido ao escoamento superficial (*runoff*), tendo por consequência a deposição dos sedimentos em cotas mais baixas.

A suscetibilidade à erosão de um solo pela ação da água é verificada pela velocidade de infiltração da água no solo, permeabilidade, capacidade de absorção, resistência à dispersão, salpicamento, abrasão e pelas forças de transporte da enxurrada (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990 *apud* LAFAYETTE, 2006). Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2010), a erosão do solo é causada por forças ativas, relacionadas com as chuvas e declividade do terreno; e por forças passivas, relacionada à resistência que o solo exerce à ação erosiva da água e à densidade da cobertura vegetal.

Em concordância com os autores supra, Cogo *et al.*, (2003) enfatizam que a declividade do terreno influencia nas perdas de solo, por meio da erosão hídrica, uma vez que, o aumento do volume e velocidade da enxurrada contribui para o escoamento superficial.

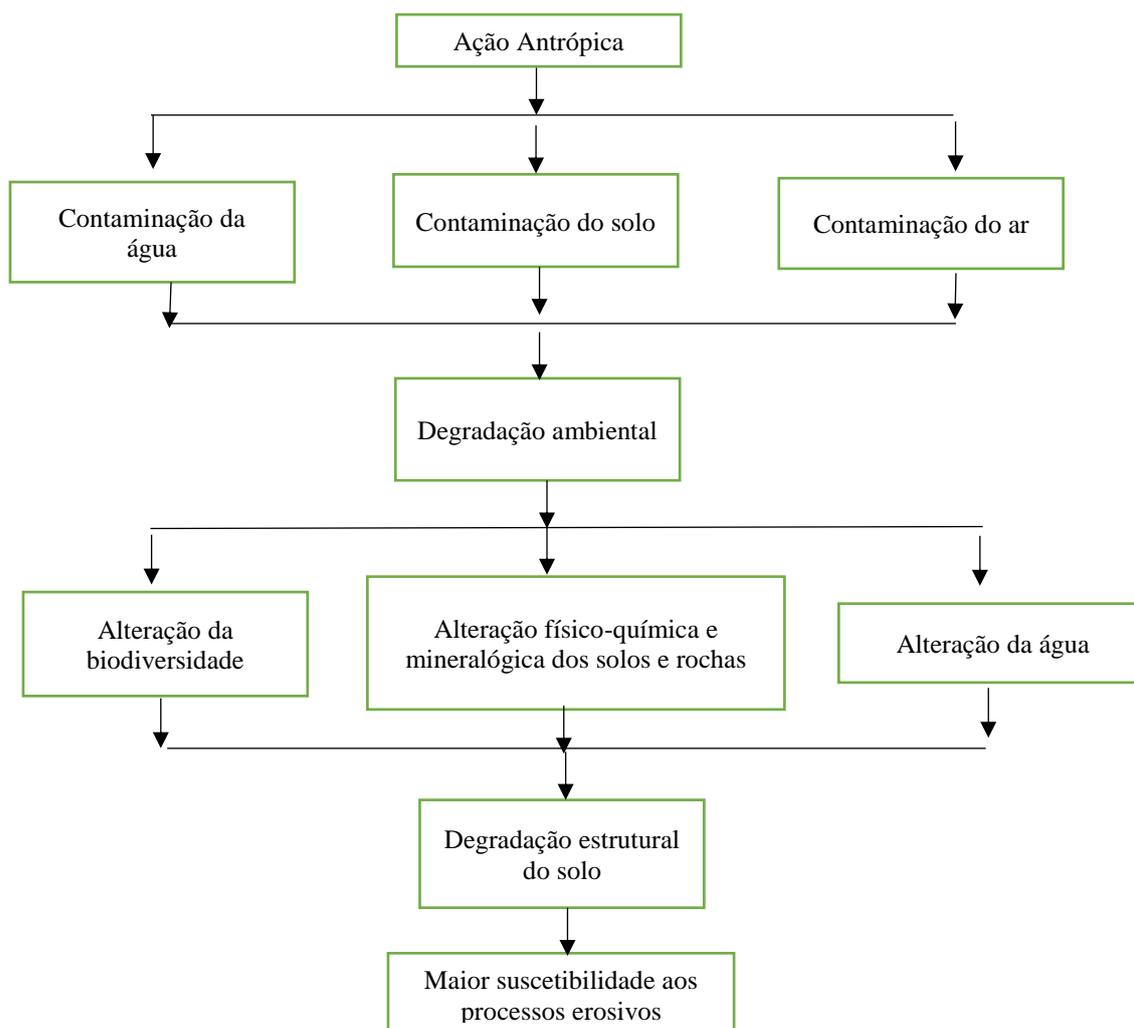
A erosão é tipicamente classificada como laminar e linear. A erosão laminar trata-se de um processo que abrange uma maior área, conhecida também como erosão em lençol; enquanto a erosão linear é mais concentrada, formando sulcos, ravinas e voçorocas (Carvalho *et al.* 2001). Já para Guimarães *et al.*, (2011), a erosão hídrica laminar é um dos processos que influenciam a qualidade da água, uma vez que o aumento da concentração de sólidos em suspensão, impossibilitam na penetração dos raios solares, conseqüentemente, influenciam no processo de produção de oxigênio.

A erosão caracterizada como sulco é um processo que ocorre em campos inclinados, onde os canais se formam com alguns centímetros de profundidade. Já o ravinamento corresponde ao canal de escoamento pluvial concentrado, podendo atingir até alguns metros de profundidade. Araújo (2010) diz que os ravinamentos são canais visíveis e bem definidos, onde ocorre a remoção de solo pela ação da água e há concentração do fluxo sobre o solo. Já a voçoroca é a passagem do processo de ravinamento até atingir o lençol freático, tendo contribuições das águas superficiais e de subsuperfície no processo (MAGALHÃES, 2001).

Os principais impactos causados pela erosão do solo estão relacionados a perda da capacidade produtiva, assoreamento de rios, lagos e reservatórios, além da poluição dos corpos hídricos (OLIVEIRA, 2010). Carvalho *et. al.* (2006) apresentam fluxograma descrito por Lal (1999), no qual relaciona a degradação ambiental e degradação do solo (

Figura 2).

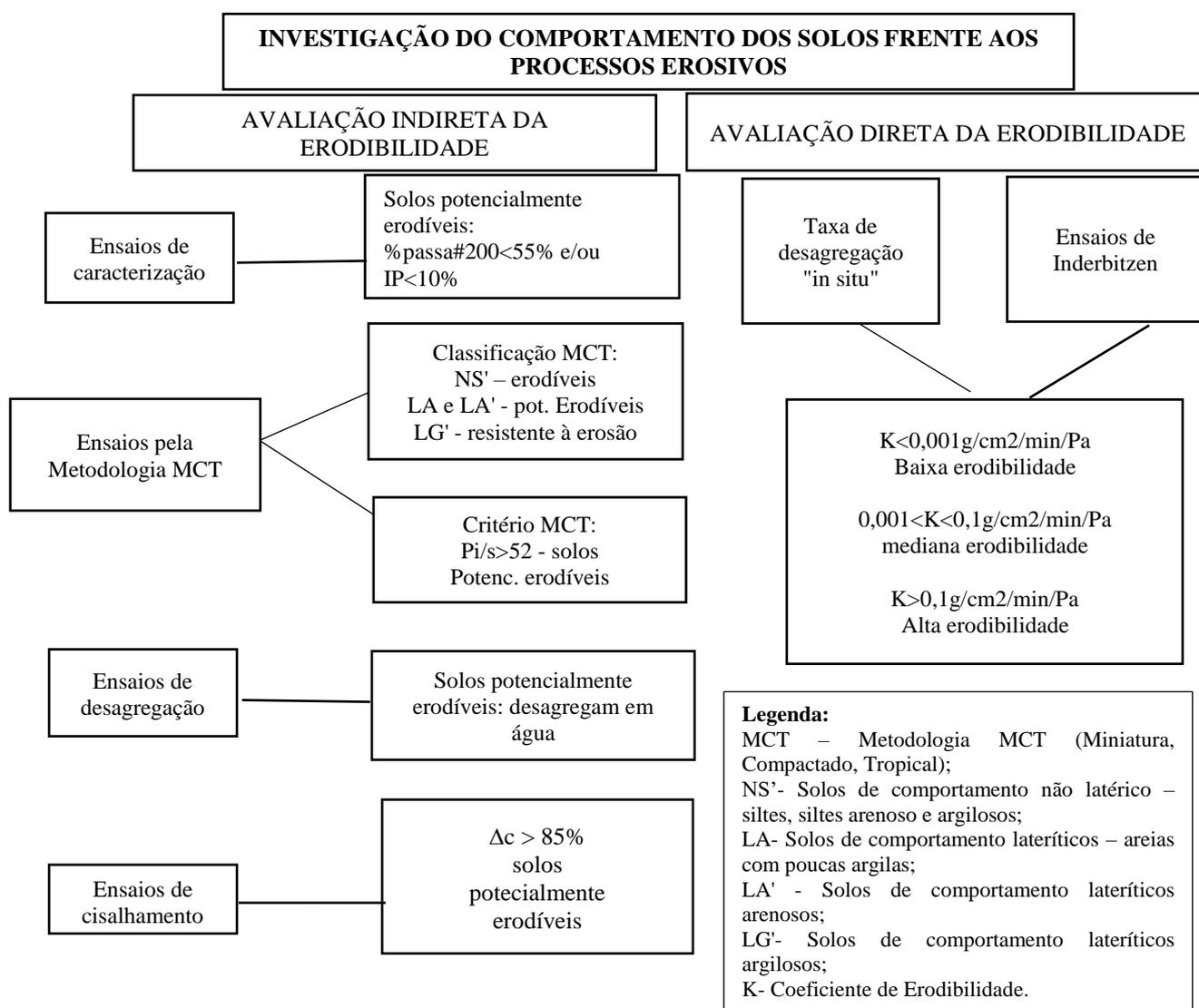
Figura 2. Evolução de degradação do solo



Fonte: Adaptada de Carvalho *et al.*, (2006). p. 123.

No que se refere à avaliação dos processos erosivos, Lafayette (2006) e Meira (2008) relatam sobre os métodos diretos e indiretos, que vão desde ensaios básicos de laboratório a ensaios mais específicos, dando destaque ao uso de parcelas experimentais, que têm sido utilizadas para determinação de taxas de perdas de solo (K). Das diversas pesquisas desenvolvidas no Brasil verificou-se que as taxas de perdas de solo no país variam de 15 a 25 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (PIMENTEL *et al.*, 1995; BERTONI E LOMBARDI NETO, 2012). A Figura 3 retrata os métodos de avaliação de erodibilidade.

Figura 3. Métodos para avaliação da erodibilidade dos solos



Fonte: Modificado de LAFAYETTE (2006)

Ressalta-se que um dos métodos indiretos mais utilizados na estimativa de perda de solo trata-se da Equação Universal de Perdas de Solo, desenvolvida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), segundo W. H. Wischmeier e D. D. Smith (1965), que relaciona a erosividade da chuva, erodibilidade do solo, comprimento da rampa, declividade do terreno, uso e manejo do solo e as práticas conservacionistas do solo (Guimarães, 2011), conforme a Equação 1:

$$A=R \times K \times L \times S \times C \times P \quad \text{Eq. (1)}$$

Legenda,

A= estimativa de perda de solo (t ha⁻¹ ano⁻¹);

R= erosividade da chuva (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹);

K= erodibilidade do solo (t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹);

L= comprimento de rampa (m)

S= declividade (%);

C= uso e manejo do solo (adimensional);

P= práticas conservacionistas (adimensional).

A avaliação direta da erodibilidade do solo (K) pode ser realizada por meio de ensaios laboratoriais de Inderbitzen e através de parcelas experimentais de solo (Figura 4). O ensaio de Inderbitzen é realizado em uma rampa hidráulica articulada, que pode ter sua inclinação ajustada, sendo dotada de um orifício central, onde uma amostra de solo é confinada (Nagel *et al.*, 2009). Tanto o ensaio de Inderbitzen quanto o experimento através de parcelas erosivas possibilitam determinar as condições hidráulicas, a taxa de desagregação do solo, a tensão de cisalhamento e a erodibilidade do solo, Bastos (1999) e Lafayette (2006).

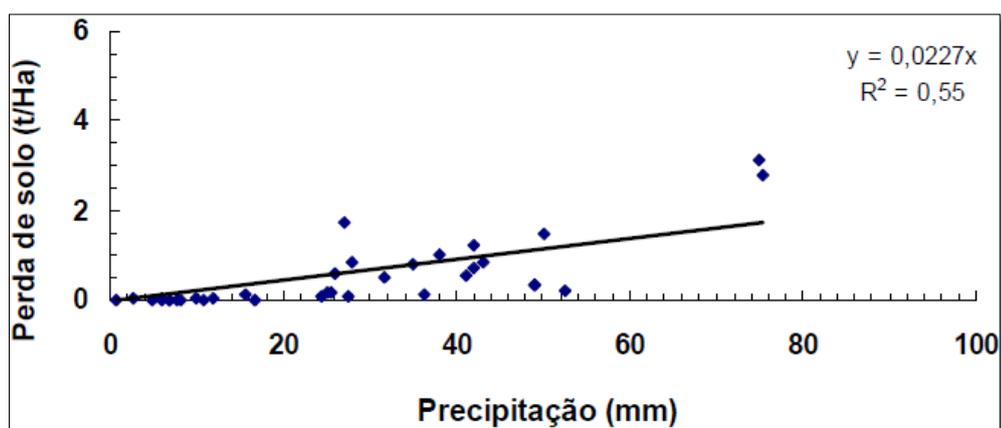
Figura 4. Parcela delimitando um processo erosivo em sulco



Fonte: LAFAYETE (2006)

Para Meira (2008) as parcelas de solos possibilitam quantificar o escoamento superficial e a perda de solo, relacionando com a precipitação local. O autor estudando o processo erosivo em um bairro do Recife, em 2006, por meio de uma parcela experimental, encontrou uma relação entre a precipitação do local e a perda do solo, conforme a Figura 5, sendo uma informação útil para estimar a degradação do solo de acordo com as previsões de chuva, auxiliando na tomada de decisões das medidas preventivas. Bastos (1999), citado por Meira (2008), propõe uma classificação para a erodibilidade do solo em condições naturais, sendo: $K < 0,001 \text{ g/cm}^2/\text{min/Pa}$ para solos com baixa erodibilidade, $0,001 < K < 0,1 \text{ g/cm}^2/\text{min/Pa}$, solos de mediana erodibilidade e de $K > 0,1 \text{ g/cm}^2/\text{min/Pa}$, solos de alta erodibilidade.

Figura 5. Perda de solo na parcela experimental no ano de 2006

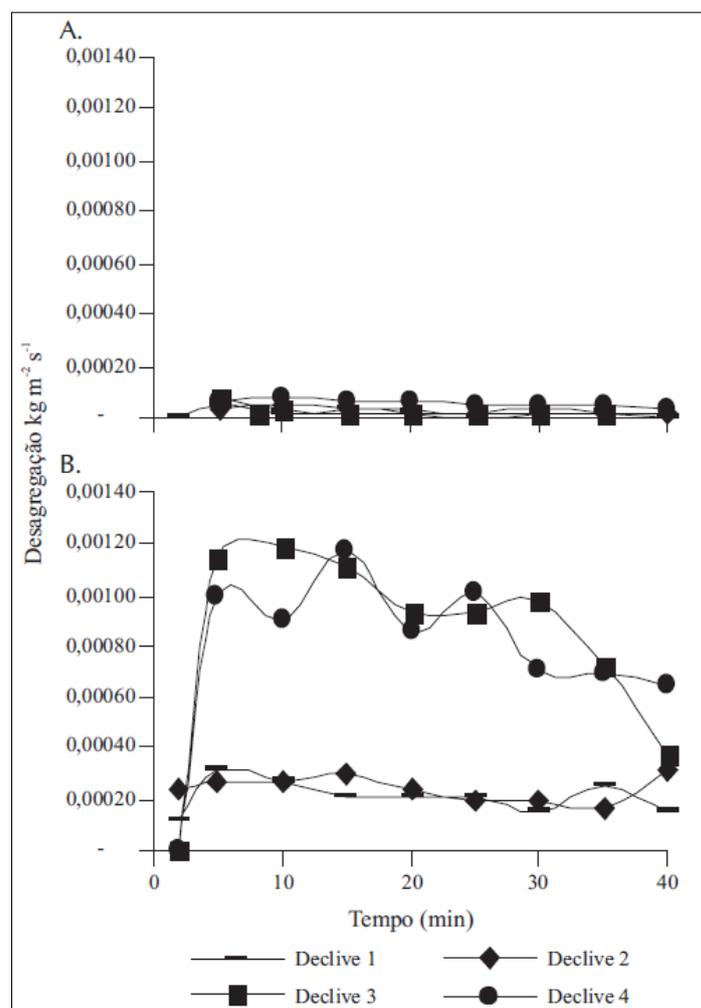


Fonte. MEIRA (2008)

Inácio *et al.* (2007) avaliaram, por meio de parcelas de solo experimentais, as taxas de desagregação do solo em função da cobertura superficial, onde constataram que as taxas de desagregação foram maiores no solo descoberto relativamente ao solo com cobertura, independentemente da declividade, mostrando assim, o efeito da cobertura vegetal no processo (Figura 6). Mannering e Meyer (1963) explicam que os vegetais na superfície do solo impedem o impacto direto das gotas de chuva e dissipam a sua energia, diminuindo assim, a desagregação das partículas e auxiliam na formação do selo superficial.

Clarindo (2018) verificou por meio do ensaio de Inderbitzen que a taxa de desagregação do solo é maior quando o mesmo é submetido ao escoamento superficial no momento em que se encontra com teor de umidade natural em relação ao solo previamente saturado, estando esta característica relativa à sucção matricial do solo no estado não saturado, sendo a sucção matricial relacionada à pressão isotrópica negativa da água intersticial do solo devida às forças de capilaridade e de adsorção (LIMA e RODRIGUES, 2015). Almeida (2014), em seus estudos sobre a influência da sucção na perda de massa total erodida, observou uma relação direta entre o aumento da sucção inicial do solo e o aumento da massa total erodida.

Figura 6. Evolução da taxa de desagregação do solo:(A) com cobertura vegetal; e (B) solo descoberto



Fonte: INACIO *et al.* (2007)

4.4. Qualidade dos Recursos Hídricos

A água é um recurso finito e imprescindível para desenvolvimento da vida. Para Bertossi (2014) a água está dentre os recursos naturais mais relevantes, uma vez que é essencial para a manutenção da vida.

A Lei Federal N° 6.938, de 31 de agosto de 1981 descreve a poluição como a degradação da qualidade ambiental de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, afetem desfavoravelmente a biota, lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos, afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente e criem condições adversas às atividades sociais e econômicas.

Desse modo destacam-se as principais causas da deterioração da qualidade da água, sendo elas: lançamento de esgotos domésticos e industriais, drenagem superficial urbana, agricultura e pastagem e lançamento de resíduos sólidos (VON SPERLING, 2014). Esses fatores aceleram os processos de eutrofização, principalmente em cursos hídricos de baixa velocidade (ambientes lênticos), como lagos, lagoas e represas (THEBALDI *et al.*, 2017). A eutrofização, por sua vez, trata-se de um processo natural, ocasionado pelo excesso de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio. No entanto, este processo é acelerado pela ação antrópica, influenciando nos diversos usos da água.

Além disso, “a qualidade da água de uma microbacia pode ser influenciada por diversos fatores, estando entre eles: o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia e o uso e o manejo do solo da bacia hidrográfica” (VAZHEMIN, 1972; PEREIRA, 1997; NICOLE *et al.* 2005). Assim, a qualidade da água torna-se essencial, para que seja possível garantir os usos múltiplos na bacia hidrográfica.

No Brasil, a Resolução CONAMA N° 357 de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos d`água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (Tabela 1). As águas doces são subdivididas em quatro classes distintas, conforme Artigo 4° da referida resolução, conforme a seguir:

Classe Especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

Classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Classe 2: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e atividade de pesca.

Classe 3: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, irrigação de culturas arbóreas,

cerealíferas e forrageiras, pesca amadora, recreação de contato secundário e dessedentação de animais.

Classe 4: águas que podem ser destinadas a navegação; e harmonia paisagística.

Tabela 1. Padrão de qualidade para corpos d'água doce

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Turbidez	40 UNT	Até 100 UNT	Até 100 UNT	-
OD	>6 mg/L O ₂	>5 mg/L O ₂	>4 mg/L O ₂	>2 mg/L O ₂
Nitrogênio Amoniacal	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5	13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5 5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 1,0 mg/L N, para pH > 8,5	-
Nitrito	1,0 mg/L	1,0 mg/L	10,0 mg/L	-
Nitrato	10,0 mg/L	10,0 mg/L	0,1 mg/L	-
Fosforo	0,1 mg/L	0,1 mg/L	0,15 mg/L	-
Ferro	0,3 mg/L Fe	0,3 mg/L Fe	5 mg/L Fe	-
DBO	Até 3 mg/L O ₂	Até 5 mg/L O ₂	Até 10 mg/L O ₂	-
Cloreto	250 mg/L	250 mg/L	250 mg/L	-
Sulfato	250 mg/L	250 mg/L	250 mg/L	-
Sulfeto	0,002 mg/L	0,002 mg/L	0,3 mg/L	-
Sólidos dissolvidos	500 mg/L	500 mg/L	500 mg/L	-
Clorofila a	10 µg/L	30 µg/L	60 µg/L	-

Fonte: Resolução CONAMA nº 357 de 2005

Na avaliação da qualidade das águas superficiais, deve-se optar por métodos de fácil compreensão, de modo que seja acessível à sociedade. O uso de índices de qualidade de água tem se tornado uma alternativa para acompanhar as alterações na qualidade da água. (DONADIO; GALBIATTI; PAULA, 2005; LOPES *et al.*, 2008, FERREIRA *et al.*, 2015).

O Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation* e em 1975 a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) passou a utilizar o método para avaliação da qualidade da água. Para cálculo do IQA, utiliza-se nove parâmetros de qualidade da água, dentre eles, os:

coliformes fecais, nitrogênio total, fosforo total, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, temperatura, turbidez e sólidos totais. A cada parâmetro atribui-se pesos em função de sua importância e após o resultado dessa ponderação, classifica-se a qualidade hídrica em ótimo, boa, regular, ruim e péssima.

4.4.1. Parâmetros de Qualidade da Água

A avaliação da qualidade da água está baseada de acordo com os seus respectivos usos. Desse modo, existem diversos parâmetros com características físicas, químicas e biológicas que indicam essa qualidade. Abaixo descrevem-se sobre alguns desses parâmetros.

- **pH:** Gobbo (2014) relata que as mudanças de pH podem ser de origem natural ou antrópicas, sendo as de origem natural causadas pela oxidação de matéria orgânica, processo de fotossíntese e dissolução de rochas. As causadas pelo homem destacam-se os despejos domésticos e industriais em mananciais. “O pH fornece indícios sobre a qualidade hídrica, o tipo de solo por onde a água percorreu e o tipo de poluição química da água (ácida ou alcalina)” (BORGES *et al.*, 2003). De acordo com CONAMA N° 357 de 2015, o pH da água deve estar entre 6 e 9, afim de garantir a proteção da vida aquática.
- **Turbidez:** A turbidez na água é ocasionada pela presença de materiais em suspensão, como, argilas, siltes, matéria orgânica, compostos orgânicos solúveis que possuam coloração, plâncton, e outros organismos vivos. De acordo com ANA (2018), a principal fonte de turbidez é causada pela erosão dos solos, além do lançamento de esgotos e de efluentes industriais, afetando assim, a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação.
- **Oxigênio dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio:** O oxigênio dissolvido é elemento vital para manutenção da vida aquática. Assim, as águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, uma vez que é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Corpos hídricos eutrofizados podem apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg/L, (ANA, 2018). A Demanda Bioquímica de Oxigênio representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água

através da decomposição microbiana aeróbia, (ANA, 2018). Von Sperling (2014) relata que a matéria orgânica encontrada nos corpos d'água é um grave problema de poluição das águas: o consumo do oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica.

- **Fósforo e Nitrogênio:** Conforme o programa Cuidando das Águas, ANA (2013), a contaminação, geralmente associada a excessos de nitrogênio e fósforo são provenientes do escoamento da agricultura, mas também provocada por lançamento de esgoto e de resíduos industriais. Assim, o enriquecimento com nutrientes pode esgotar o oxigênio e eliminar espécies com exigências mais elevadas em termos de consumo de oxigênio, inclusive diversas espécies de peixes, afetando o ecossistema. Carvalho (2013) descreve,

“O nitrogênio no meio aquático pode ser encontrado na forma de nitrogênio gasoso, que escapa para atmosfera, nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão, amônia, nitrito, e nitrato, sendo encontrado, no meio na forma de sólidos em suspensão, ou dissolvidos, é constituinte de despejos domésticos, industriais, excrementos de animais e fertilizantes”.

- **Sólidos:** A determinação das frações de sólidos presentes na água fornece informações importantes para a verificação de qualidade da água, uma vez que a concentração de sólidos suspensos, influencia na turbidez da água. Além disso, as partículas do solo podem conter matéria orgânica, favorecendo o aumento da atividade anaeróbia no fundo do lago, lagoa e rios. ANA (2018) corrobora com a seguinte afirmação:

“Quando os resíduos sólidos se depositam nos leitos dos corpos d'água podem causar seu assoreamento, que gera problemas para a navegação e pode aumentar o risco de enchentes. Além disso podem causar danos à vida aquática pois ao se depositarem no leito eles destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos, além de danificar os locais de desova de peixes.”

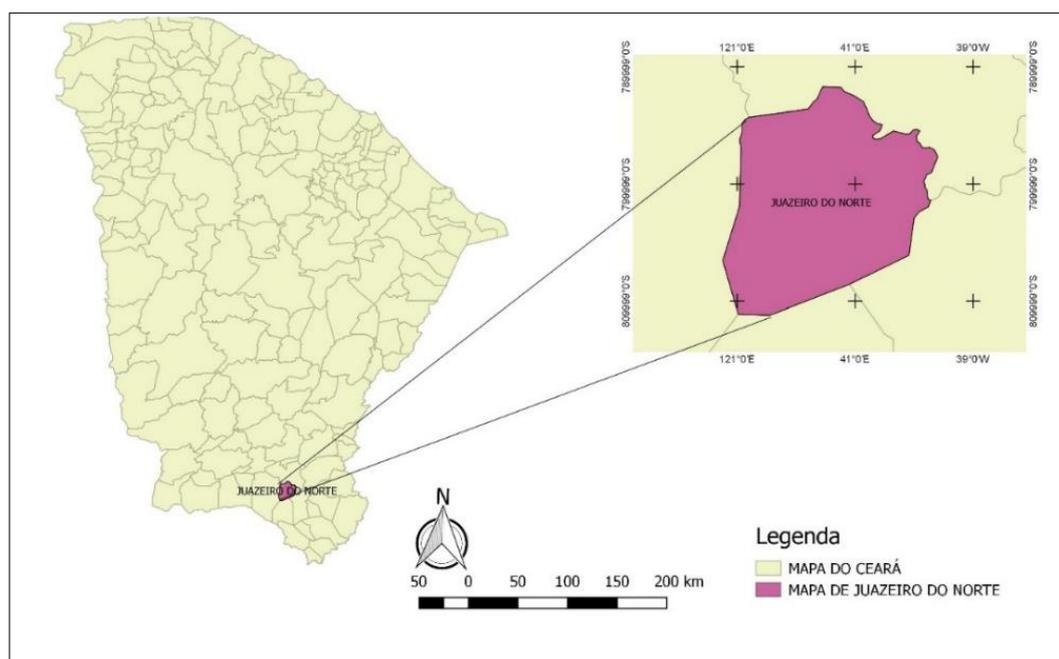
- **Bactérias termotolerantes:** De acordo com ANA (2018), “as bactérias coliformes termotolerantes ocorrem no trato intestinal de animais de sangue quente e são indicadoras de poluição por esgotos domésticos”. A *Escherichia coli* é uma bactéria do grupo das termotolerantes, sendo indicador de contaminação exclusivamente fecal. (VON SPERLING, 2011).

5. APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1. Localização e Dados Gerais da Área de Estudo

A área de estudo desta pesquisa trata-se do Parque Natural Municipal das Timbaúbas, localizado no município de Juazeiro do Norte-CE, mais especificamente as áreas do entorno das duas lagoas existentes e suas águas. O município de Juazeiro do Norte-CE (Figura 7) está localizado na mesorregião sul cearense, entre as coordenadas, Latitude (S) 7° 12' 47" e Longitude (WGr) 39° 18' 55", abrangendo uma área de 248,8 Km². Os municípios limítrofes são o de Caririçu, Barbalha, Missão Velha e Crato (IPECE, 2017). A população estimada para 2017, de acordo com o censo do IBGE 2010 é de 249.939 habitantes (IBGE, 2010).

Figura 7. Localização do Município de Juazeiro do Norte-CE



Fonte: O Autor

O clima da região é tropical quente semiárido e tropical quente semiárido brando, com pluviosidade em torno de 925,1 mm e temperatura média anual entre 24 °C a 26 °C. A quadra chuvosa compreende os meses de janeiro a maio. Os solos predominantes são os Aluviais e Podzólico vermelho-amarelo, e a vegetação caracterizada pela Floresta Caducifólia Espinhosa (IPECE, 2017).

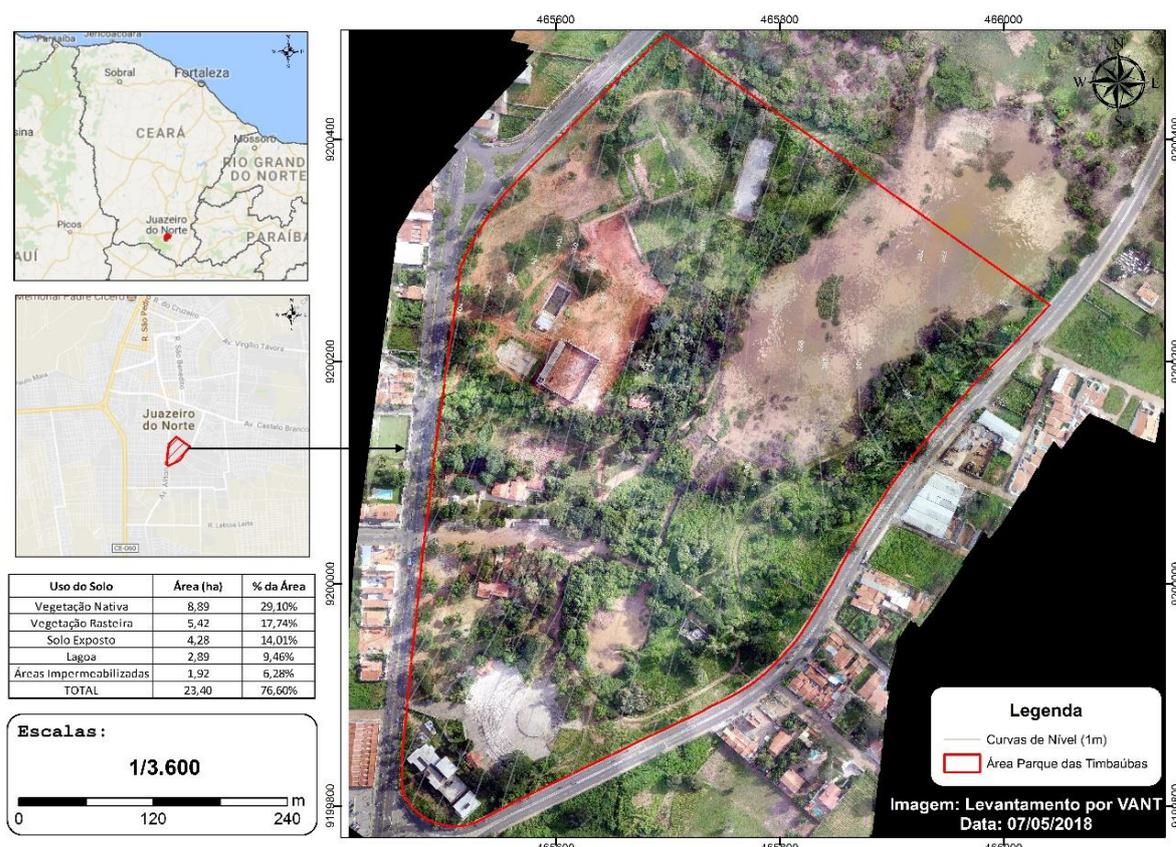
Quanto as precipitações irregulares e concentradas no semi-árido, Lima e Ribeiro (2012), diz:

“O grande volume de chuvas em pouco tempo atua tanto no intemperismo físico das rochas, quanto no seu transporte pelo escoamento até chegar numa rede de drenagem. As chuvas elevam o nível e a intensidade do fluxo fluvial que carrega o material depositado na base do relevo, atuando diretamente na denudação das vertentes e na instabilidade da base e posterior movimento gravitacional associado à erosão hídrica. Esta escavação das vertentes resulta no recuo paralelo até restar o relevo residual” (LIMA & RIBEIRO, 2012).

O município de Juazeiro do Norte-CE pertence à bacia hidrográfica do Rio Salgado, tendo como principal afluente, o Riacho dos Macacos. Vale ressaltar, que ao longo do seu percurso estão inseridos nove poços tubulares, com vazão total de aproximadamente 700 m³/h, destinados ao abastecimento público, sendo que a principal fonte de água do riacho é proveniente da zona de recarga inserida no Parque Natural Municipal das Timbaúbas (OLIVEIRA, 2014).

O Parque Natural Municipal das Timbaúbas foi a primeira Unidade Municipal de Conservação, criada em 23 de março de 1995 pelo Decreto n.º 1.083, no qual “declara a utilidade pública para fins de desapropriação vários imóveis localizados neste perímetro, totalizando uma área de 63,45 ha. No entanto, em 23 de outubro de 2017, através do Decreto n.º 352, estabeleceu como Unidade de Conservação, enquadrada como Área de Proteção Integral (API), cuja principal característica é a proteção do lençol freático que compõe a bacia hidrográfica do Salgado. Após vários estudos técnicos, concluiu-se que a área que compõe a UC é de aproximadamente “23,40 ha (Figura 8), desconsiderando as áreas referentes às obras, bem como aquelas que não são de domínio público” (JUAZEIRO DO NORTE, 2017).

Figura 8. Localização do Parque Natural Municipal das Timbaúbas



Fonte: Autor (2018)

No interior da UC encontram-se duas lagoas superficiais, pelas quais serão objetos de estudo desta Pesquisa. Também há no local dois poços tubulares de abastecimento público. Os poços tubulares são geridos pela Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará- CAGECE. As lagoas são caracterizadas por “intermitentes, e possibilita a recarga do aquífero local, que abastece parte do município” (JUAZEIRO DO NORTE, 2017).

Estudos realizados por Oliveira (2014) e Macedo *et al.* (2014) apontam indícios de contaminação da água das lagoas, uma vez que as mesmas vêm atuando como corpo receptor de esgotos doméstico e/ou industriais, além da presença de resíduos sólidos. Fato confirmatório, devido à ineficiência no saneamento básico, tanto em relação a coleta seletiva de resíduos sólidos quanto a cobertura de rede coletora de esgoto que está em torno de 37,24%, segundo IPCE (2016), impulsionando a população a optarem por sistemas individuais de tratamento de esgoto, muitas vezes ineficientes.

Macedo *et al.* (2014) estudando o solo da área de estudo concluíram que a granulometria do solo é predominantemente do tipo arenosa, compostos por partículas que variam de 0,06 a 2 mm de diâmetro. Essa textura de solo é suscetível à erosão devido

à reduzida parcela de coesão, o que facilita a desagregação. Este tipo de solo associado à ausência da cobertura vegetal intensifica os processos de erosivos, e conseqüentemente o assoreamento dos corpos hídricos próximos.

Assim, Sousa e Oliveira (2014) corroboram com o resultado supracitado, demonstrando que:

“As amostras analisadas apresentaram elevadas frações de areia, isto pode estar relacionado às características topográficas da área (onde, na ausência da cobertura vegetal nativa, o solo fica exposto e sujeito ao carreamento de sedimentos) ou ainda às profundidades de coleta variando de 0 a 10 cm e 0 a 20 cm, que foram superficiais podendo não atingir as camadas de argila” (SOUSA e OLIVEIRA, 2014).

Clarindo (2018) realizou um estudo geotécnico detalhado em amostras de solos do Parque Timbaúbas. Em sua pesquisa foi verificada a predominância de solos de textura arenosa, corroborando com Macedo *et al.* (2014), sendo constituído por 14% de areia grossa, 62% de areia média, 13% de areia fina e 7% de argila, material este classificado como areia siltosa, de alta suscetibilidade ao processo erosivo, de acordo a classificação de Llopis Trilho (1999). Materiais com maiores teores de areia e pouca presença de argila apresentam facilidade de desagregação. Além disso, os ensaios de *Slamk Test* e *Inderbitzen* apresentaram seguintes resultados: ocorrência da desagregação completa de um torrão de solo, quando esteve imerso em água e valores de coeficiente de erodibilidade (K) variando de 0,105 a 0,108 g/cm²/min/Pa, concluindo assim, solo com elevado potencial à erosão, segundo o critério de Bastos (1999).

No que tange à vegetação da área, há como predominante a Floresta subcaducifólia tropical, como a amedoeira (*Terminalia catappa*), mangueira (*Manfigera indica*), cajueiro (*Anacardium occidentale*), Carnaúba (*Copernicia cerifera*), Jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) entre outras espécies que se estabelecem em áreas antropizadas (SEMACE, 2003). Já Arrais *et al.* (2014) listam, a aroeira, algaroba, barriguda, babaçu, caju, cajá, cajarana, cana-fistula, cedro, eucalipto, freijó, imburana, ipê-roxo, ipê-branco, ipê-amarelo, jatobá, jambo, juazeiro, mangueira, oliveira, oiti, pau-ferro, palmeira imperial, pitomba, tamarindo, timbaúba, sapoti e sabiá.

No Relatório do Estudo Técnico para criação de Unidade de Conservação em Juazeiro do Norte-CE, relata-se sobre a presença da seguinte fauna:

“Sagui (*Callithrix*), Urubu-decabeça-vermelha (*Cathartes aura*), Golinha (*Sporophila albogularis*), Sanhaço Azul (*Tangara sayaca*), Lavandeira (*Fluvicola nengeta*), Abre e Fecha (*Lanio pileatus*) Rolinha branca (*Columbina picui*), Rolinha Caldo de Feijão (*Columbina talpacoti*), Coruja buraqueira (*Athene cunicularia*, Garça Branca (*Egretta thula*), Gavião - Carcará (*Caracara plancus*), Sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*), Garrincha (*Troglodytes*), Gafanhoto (*Tropidacris grandis*), Formiga Cortadeira vermelha (*Atta laevigata*), Abelha arapuá (*Trigona spinipes*), Camaleão (*Iguana iguana*), Teiú (*Salvator merianae*), entre outros” (JUAZEIRO DO NORTE-CE, 2017).

Vale ressaltar que no interior do Parque existem várias edificações como a Sede da Secretaria de Meio Ambiente, Agricultura e Serviços Públicos – SEMASP, Fundação Escola de Educação Ambiental Monsenhor Murilo de Sá Barreto, Sede da Polícia Militar de Meio Ambiente, quadras esportivas, pistas de skate, anfiteatro, bares, academia popular, além de obras inacabadas como, a piscina semiolímpica, arquibancadas e estacionamento. Essas obras aumentam as áreas impermeabilizadas dentro do Parque, contribuindo para o aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial, e conseqüentemente, para os processos erosivos na área.

O enquadramento do Parque Natural Municipal das Timbaúbas como Unidade de Conservação na categoria Área de Proteção Integral, proporcionará o desenvolvimento sustentável local, objetivando, a preservação dos ecossistemas naturais, restauração da cobertura vegetal e controle de espécies exóticas; melhoria no equilíbrio do regime hídrico, propagação do turismo, incentivo a pesquisas científicas e desenvolvimento de atividades de educação ambiental, assegurando a segurança da população e sadia qualidade de vida (Decreto Municipal N° 352/2017).

5.2. Tipo de Pesquisa

A pesquisa está pautada na abordagem quanti-qualitativa de caráter exploratório-descritivo, uma vez que foram realizados ensaios diretamente no campo e visitas *in loco* para coleta de amostras de água, caracterização morfométrica da microbacia e levantamento da área de estudo utilizando VANT.

Cervo; Bervian e Da Silva (2007, p. 57) relatam que a pesquisa parte de uma dúvida ou problema, buscando assim uma resposta ou solução. Para isso, existem três elementos básicos:

“Os três elementos – dúvida/problema, método científico e resposta/solução – são imprescindíveis, uma vez que a solução poderá ocorrer somente quando algum problema levantado tenha sido trabalhado com instrumentos científicos e procedimentos adequados” (Cervo; Bervian e Da Silva, 2007, p. 57).

Segundo Dalfovo *et al.* (2008), a pesquisa descritiva envolve o levantamento de dados e o porquê destes dados, e a pesquisa exploratória é baseada na investigação de algum objeto de estudo, no qual possui poucas informações.

Em relação à abordagem da pesquisa, Santos (1999) relata que os métodos quantitativos são utilizados para desenvolver ou apurar uma hipótese e posteriormente esta deve ser testada quantitativamente, enquanto a abordagem qualitativa envolve a avaliação dos resultados de um estudo. Já para Berto e Nakano (2000), as abordagens de pesquisa tradicionais são conhecidas como, abordagem “quantitativas, com natureza empírica e hipóteses "fortes" e bem formuladas. Baseiam-se em métodos lógico-dedutivos, buscam explicar relações de causa/efeito e, através da generalização de resultados, possibilitar replicações”. E a pesquisa qualitativa seria busca de interpretação e descrição dos fatos.

6. ETAPAS METODOLOGIAS

6.1. Delimitação da microbacia, Caracterização morfométricas e Classificação de uso e ocupação do solo

A primeira etapa da pesquisa foi desenvolvida por meio da delimitação da microbacia hidrográfica e elaboração de mapas temáticos, com a caracterização morfométrica da microbacia, utilizando o *software livre QGIS v. 2.14*. Esta etapa envolveu o levantamento bibliográfico, considerando os autores Villela e Mattos (1975), Cardoso *et al.* (2006), Neto *et al.* (2013) e procedimentos operacionais utilizando o *software livre QGIS v. 2.14*. As imagens utilizadas para a geração dos mapas e cálculos matemáticos foram obtidas no site do IBGE, Google Earth e levantamento aéreo realizado por VANT.

Para obtenção das características morfométricas, utilizaram-se as fórmulas matemáticas descritas por Villela e Mattos (1975) e Tucci (2007). Assim, os resultados foram obtidos através dos dados da tabela de atributos do raster selecionado e executados na calculadora do *software livre QGIS v. 2.14*. Assim, calculou-se a área, perímetro, coeficiente de forma (kf), coeficiente de compacidade, índice de circularidade, comprimento do rio principal, comprimento dos cursos d'água, índice de sinuosidade e densidade de drenagem da microbacia delimitada (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros e expressões matemáticas

	Parâmetro	Fórmula
Características geométricas	Área (km ²)	-
	Perímetro (km)	-
	Coeficiente de Compacidade	$Kc = (0,28 * P) / \sqrt{A}$
	Coeficiente de Forma	$Kf = A/L^2$
	Índice de circularidade	$IC = (12,57. A) / P^2$
Características da rede de drenagem	Comprimento do Rio Principal (km)	-
	Comprimento de todos os cursos d'água (km)	-
	Índice de sinuosidade	$Sin = Lr/Lt$
	Densidade de Drenagem (km/km ²)	$Dd = L_T/A$
Legenda: A=Área (km ²) L= Comprimento Axial (km)		

P = perímetro (km)
Lr – Comprimento do rio principal (km)
Lt – Comprimento do talvegue (km)
L _T = Comprimento total (km)

Fonte: Autor (2017)

6.2. Estudo da Erodibilidade do solo Parque Natural Municipal das Timbaúbas

Os processos erosivos são desencadeados tanto por fatores ambientais como por interferência antrópica e estão se tornando cada vez mais preocupantes nas áreas urbanas, seja para gestão pública, população e meio ambiente. Neste item serão apresentadas as metodologias utilizadas para determinação de perdas de solo e taxa de desagregação. Para tais determinações foram instaladas 03 parcelas experimentais no Parque Natural Municipal das Timbaúbas, sendo a Parcela Experimental I utilizada no estudo da perda do solo devido às chuvas naturais; e as Parcelas II e III utilizadas no estudo com escoamento simulado.

6.2.1. Análise da perda do solo devido às chuvas naturais

No final de março de 2018 foi instalada a Parcela Experimental I para análise da perda do solo devido às chuvas naturais, sendo esta parcela instalada em área de campo aberto, conforme as recomendações de Lafayette (2006) e Meira (2008). De acordo com a FUNCEME a média mensal histórica para mês de março, referente ao período de 2009 a 2017 é de 217,6 mm, sendo este valor bem superior ao registrado no mês de março de 2018, cuja precipitação mensal acumulada foi de 137,4 mm (63 % da média dos últimos dez anos).

Por meio do acompanhamento diário das chuvas, na área de estudo, ocorridas durante o mês de abril de 2018, foi possível analisar a perda de massa por chuva natural. Para acompanhamento diário das chuvas, instalou-se um pluviômetro convencional, do tipo Ville de Paris, no prédio da SEMASP (Secretária de Meio Ambiente e Serviços Públicos) que se encontra no interior do Parque Natural Municipal das Timbaúbas (

Figura 9). A cada evento chuvoso era quantificada a perda de solo da Parcela Experimental I e posteriormente relacionando com os índices pluviométricos coletados em um período de 24 horas.

Figura 9. Pluviômetro na Sede da Secretaria de Meio Ambiente e Serviços Públicos



Fonte: Modificado de Juazeiro do Norte (2017)

A Parcela I foi delimitada por chapas metálicas de zinco com 40 cm de altura, das quais 20 cm foram cravados no chão, com formato retangular, de área total de 0.75 m² (0,5m de largura e 1,5m de comprimento), Figura 10. Para a coleta dos sedimentos foi instalado um tubo de PVC no final da parcela, de forma a conduzir os solos desagregados para um balde apoiado em uma cota mais baixa. Após cada evento pluviométrico diário, ocorrido no mês de abril 2018, coletaram-se os sedimentos retidos, sendo estes, secos em estufa na temperatura de 65°C por um período de 24.

Figura 10. Parcela Experimental I



Fonte: Autor (2018)

6.2.2. Perdas de solo e taxa de desagregação do solo por escoamento superficial simulado

Na etapa de verificação de perda de solo por escoamento superficial simulado, foram instaladas, em janeiro de 2019 (período chuvoso, com solo na umidade natural de 9%), as Parcelas Experimentais II e III, as quais foram situadas entre dois sulcos erosivos existentes na área. A Parcela Experimental II envolvia o solo com cobertura vegetal natural e serrapilheira e a Parcela Experimental III envolvia o solo sem cobertura vegetal, a fim de analisar a influência da cobertura vegetal na quantificação dos processos erosivos (Figura 11). O procedimento metodológico foi baseado nas pesquisas desenvolvidas por Inacio *et. al.* (2007) e Meira (2008).

Figura 11. Parcelas Experimentais: II (cobertura vegetal), III (sem vegetação)



Fonte: Autor (2019)

As Parcelas II e III foram delimitadas por chapas metálicas de zinco com 30 cm de altura, das quais 15 cm foram cravados no chão, com seção retangular, de área total de 0.75 m² (0,5m x 1,5m). A declividade do terreno foi determinada pela relação entre a variação da altura e distância entre dois pontos (início e final da parcela).

Para determinar a vazão da água a ser adotada no escoamento superficial do experimento, utilizou-se o método racional (Equação 2), em função da intensidade máxima média de precipitação (I_m) de Juazeiro do Norte, pela qual foi estimada por meio da Equação da Chuva (Equação 3), considerando um período de 37 anos (1974 – 2010), (SOBRINHO *et al.*, 2014). A Tabela 3 apresenta os valores adotados no cálculo da intensidade de precipitação.

$$Q_{\text{máx}} = C I_m A / 360 \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde,

C- coeficiente de escoamento

I_m- intensidade máxima média de precipitação (mm/h)

A- área (ha)

$$I = \frac{a (Tr-s)^b}{(t+c)^n} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde,

I - intensidade máxima da chuva, mm min⁻¹

Tr - período de retorno, anos

t - duração da chuva, min

a, b, c, n e s - parâmetros empíricos para cada local

Tabela 3. Intensidade máxima média de precipitação em Juazeiro do Norte

Parâmetros					Equação de Chuva de Juazeiro do Norte
a	b	c	n	s	$I = \frac{28,337(Tr - 2,750)^{0,104}}{(t + 10,845)^{0,813}}$
28,337	0,104	10,845	0,813	-2,750	

Fonte: Modificado Sobrinho *et al.*, (2014).

Para projetos de macrodrenagem, como o que está sendo realizado na área de estudo, é recomendado adotar um tempo de retorno das chuvas de 50 anos. Considerando esse período de retorno de 50 anos e aplicando a Equação 3, a vazão do escoamento foi adotada em 1,0 L/min. Para tal foi conectada uma mangueira na rede de abastecimento de água do local com ajuste da vazão. Para que o escoamento fosse distribuído uniformemente na parcela, instalou-se uma calha de PVC na largura da parcela, onde a água era lançada.

Para determinação da velocidade superficial de escoamento, utilizou-se um corante azul e verificou-se, por meio de um cronometro, o tempo gasto para que o mesmo percorresse todo comprimento da parcela, ou seja, uma distância de 1,4 m (Figura 12).

Ao início e final de cada experimento coletaram-se amostras de solo para verificação do teor de umidade dos sedimentos.

Figura 12. Determinação da velocidade de escoamento superficial



Fonte: Autor (2019)

Os sedimentos transportados pelo escoamento foram coletados em recipientes plásticos, com capacidade de 1,0 litro, e encaminhados ao Laboratório de Mecânica dos Solos da UFCA, para determinação da massa de solo seca e volume de água armazenado. Após a decantação do material, retirou-se o excesso de água e o solo foi levado para secagem na estufa à 65°C (devido à presença de matéria orgânica), por um período mínimo de 24 horas para obtenção da massa de solo seco (Figura 13).

Figura 13. Coleta dos sedimentos em parcela experimental de solo



Fonte: Autor (2019)

As perdas de solo (em kg m^{-2}) e taxa de desagregação do solo (em $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foram determinadas de acordo com as Equações 4 e 5 respectivamente, utilizadas por Meira (2008) e Inácio *et. al.* (2007).

$$PS = \frac{S(Q \times Cs \times t)}{A} \quad \text{Eq. (4)}$$

$$D = \frac{M_{ss}}{A \times D_c} \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde,

D - taxa de desagregação em entressulcos ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$);

M_{ss} - massa do solo seco desagregado (kg);

A - área da parcela (m^2);

D_c - duração da coleta em (s).

PS - perdas de solo (kg m^{-2});

Q - vazão (L s^{-1});

C_s - concentração de sedimentos (kg L^{-1}); e

t - intervalo entre as coletas.

6.2.3. Análise da Permeabilidade do Solo

Nesta etapa da análise da permeabilidade do solo, utilizou-se um aparelho conhecido como Permeômetro Guelph, modelo 2800K1, no qual foi desenvolvido por Reynolds *et al.* (1983), onde determina-se *in situ* a condutividade hidráulica saturada de campo (K_{fs}).

Utilizando-se este equipamento foi possível determinar, de forma rápida, a permeabilidade do solo. Na área de estudo foi considerada uma profundidade de 50 cm para aplicação das cargas hidráulicas, referente a coluna de 5 cm e 10 cm. O reservatório do permeômetro tinha área de 36,19 cm². Este ensaio foi realizado no dia 30 de agosto de 2018 (período seco da região), em um ponto próximo das parcelas experimentais (Figura 14). Na determinação da condutividade hidráulica, utilizou-se a Equação 6, conforme descrição no manual do equipamento.

$$K_{fs} = [(0,0041)(x)(R2)] - [(0,0054)(x)(R1)] \quad \text{Eq.(6)}$$

Onde,

K_{fs} : condutividade hidráulica em (l/t);

X: constante do reservatório, no caso 35,22

R1: leitura obtida a partir da primeira carga aplicada em (l/t)

R2: leitura obtida a partir da segunda carga aplicada em (l/t)

Figura 14. Ensaio Guelph

Fonte: Autor (2018)

6.3. Qualidade de Corpos Aquáticos

6.3.1. Levantamento dos pontos de amostragem, coleta e análise das amostras

Os critérios de seleção dos pontos de estudo basearam-se na visualização de imagens de satélite e visita *in loco*. Os pontos de amostragem foram distribuídos de forma a contemplar locais à montante e à jusante da Lagoa. Assim, as coletas das amostras de água foram realizadas no período compreendido de julho de 2018 a setembro de 2018, contemplando cinco pontos com uma frequência de 15 em 15 dias para cada ciclo, totalizando 06 ciclos completos, Figura 15. Os pontos 1 e 5 são localizados à jusante da lagoa, os pontos 2 e 3 recebem da águas de drenagem pluvial da Avenida Maria Ednir Bezerra Mendonça e o ponto 4 está localizado a montante e recebe águas de drenagem pluvial, principalmente as que advém de um dos bairros mais populosos de Juazeiro do Norte-CE, o bairro João Cabral.

Figura 15. Localização dos pontos de coleta de água

Fonte: Google Earth (2019)

O volume de cada amostra coletado foi de 2 litros e a profundidade de 30 cm abaixo da superfície da água, sempre que possível. O procedimento de coleta, preservação, armazenamento basearam-se nos padrões propostos pela NBR 9898 de 1987 e as análises laboratoriais de água, basearam-se nas metodologias contidas no principal manual de análise de água sugerido pela *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22ed. Washington D C.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água foram utilizados no cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) e posteriormente comparados com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, conforme Quadro 1. As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Biologia do Instituto Federal do Ceará – IFCE, Campus Juazeiro do Norte-CE.

Quadro 1. Parâmetros de Qualidade da Água

Variáveis	Nº de Coletas	Metodologia	Utilização
CTT (NMP/100mL)			IQA e CONAMA Nº 357
Clorofila a (µg/L)			CARACTERIZAÇÃO e
Cloretos(mg/L)			CONAMA Nº 357

DBO (mg/L)	30	Análise de água sugerido pelo <i>Standard Methods</i> (2012)	CARACTERIZAÇÃO, IQA e CONAMA N° 357
Fósforo(mg/L)			
Nitrato(mg/L)			
Nitrito(mg/L)			
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)			
OD (mg/L)			CARACTERIZAÇÃO e CONAMA N° 357
pH			CARACTERIZAÇÃO e IQA
Sulfato(mg/L)			CARACTERIZAÇÃO e CONAMA N° 357
Sulfeto(mg/L)			CARACTERIZAÇÃO
Sólidos Totais			CARACTERIZAÇÃO, IQA e CONAMA N° 357
Sólidos Dissolvidos			CARACTERIZAÇÃO
Sólidos sedimentáveis			CARACTERIZAÇÃO, IQA e CONAMA N° 357
Turbidez (UNT)			CARACTERIZAÇÃO e IQA
Temperatura (°C)			CARACTERIZAÇÃO e IQA

Fonte: Autor (2018)

6.3.2. Determinação do IQA

Os resultados das análises das amostras foram utilizados no cálculo do índice de qualidade da água (IQA), utilizando o produto ponderado das qualidades da água correspondentes aos parâmetros do IQA–NSF (criado pela *National Sanitation Foundation*) adaptados pela CETESB, conforme a Equação 07.

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{wi} \quad \text{Eq. (7)}$$

Onde,

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;
 q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100.

w_i = peso atribuído ao parâmetro em função de sua importância na qualidade (um valor entre 0 e 1).

Os parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos, no qual foram fixados de acordo com o nível de importância, para o cálculo do IQA foram adaptados pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) a partir de 1975, Quadro 2.

Quadro 2. Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (w_i)
Oxigênio Dissolvido – OD	0,17
Coliformes Termotolerantes – CTT	0,15
Potencial Hidrogeniônico – pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio Total – NT	0,10
Fósforo Total – PT	0,10
Turbidez	0,8
Sólidos Totais – ST	0,8

Fonte: Adaptado de ANA (2009).

No cálculo da qualidade de cada parâmetro (q_i), utilizou-se o Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA) desenvolvido pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD, baseado nas curvas obtidas pela *National Sanitation Foundation* e estudos correlatos desenvolvidos no Brasil.

Utilizou-se a faixa de IQA apropriada para o estado do Ceará o IQA. Sendo esta, classificada da seguinte forma: valores de IQA de 80 a 100 possui uma qualidade ótima, de 52-79 boa, 37 a 51 Razoável, 20 a 36 Ruim e 0-19 Péssima.

6.3.3. Tratamento estatístico

Com o objetivo de se estabelecer tendências de comportamento entre os dados obtidos nesta pesquisa, estes foram submetidos a tratamentos estatísticos. Inicialmente foi realizada a estatística descritiva com os resultados obtidos das análises dos parâmetros físico-químicas das amostras de água.

A classificação do coeficiente de variação foi de acordo com Pimentel-Gomes (1985) considerando coeficientes de variação baixo ($CV\% < 10\%$), grau de dispersão moderado ($CV\%$ entre 10% e 20%), alta ($CV\%$ entre 20% e 30%) e muito alta ($CV\% > 30\%$).

A fim de determinar o grau de associação entre os dados, utilizou-se testes não-paramétricos, sendo estes, o teste de Shapiro-Wilk, devido ao número de amostras realizadas ser menor que cinquenta ($n < 50$) e o teste de Correlação de Spearman. O teste foi realizado com nível de confiança de 95% (significância $p > 0,05$). Após verificar a distribuição dos dados, foi usado o teste de Kruskal-Wallis (não paramétrico). Todos os tratamentos estatísticos foram executados no software BioStatic 5.0.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

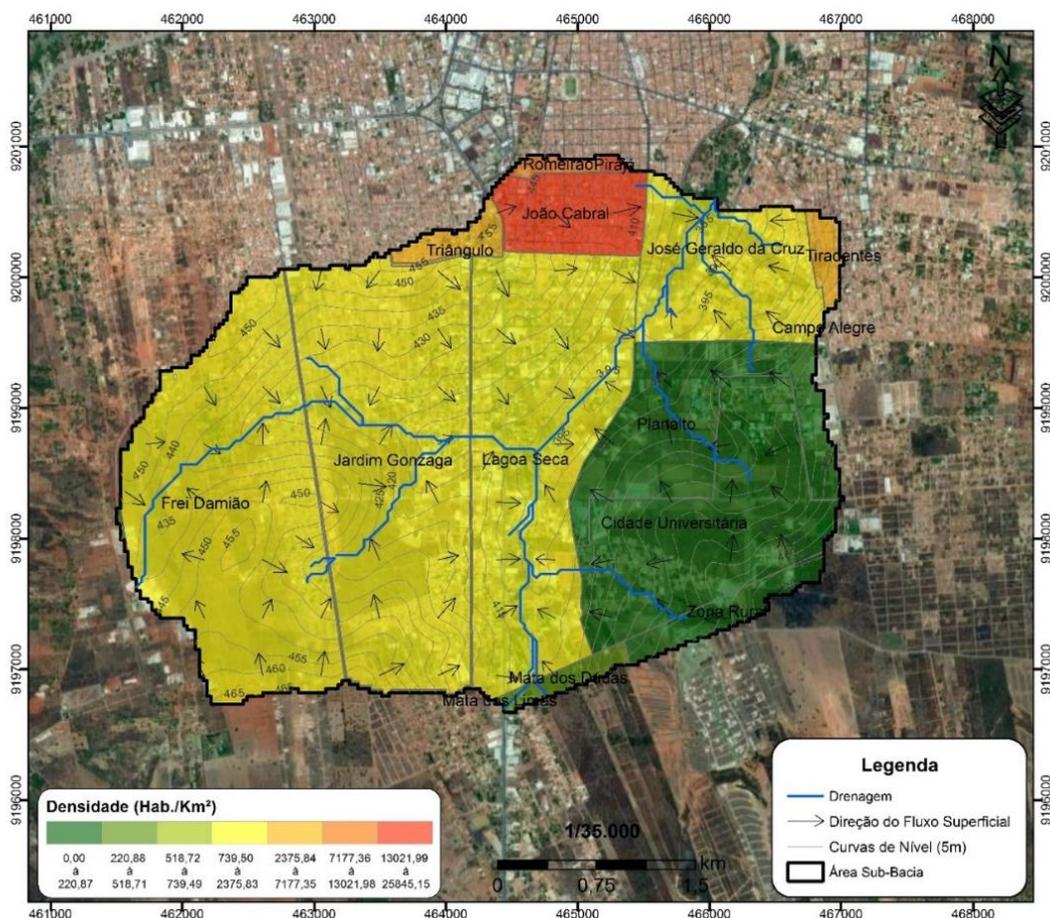
7.1. Caracterização morfométricas e Classificação de uso e ocupação do solo

No Quadro 3 mostram-se os resultados da caracterização da microbacia hidrográfica no qual o Parque Natural Municipal das Timbaúbas está inserido. A delimitação da microbacia e determinação de seus parâmetros foram possíveis através da utilização de *shapes* e canais de drenagem. A área de drenagem encontrada na microbacia foi de 17,46 km², perímetro de 21,18 km e canal principal de 5,8 km de comprimento, concentrando uma rede de drenagem de 16,005 km de comprimento, Figura 16.

Quadro 3. Caracterização morfométrica da microbacia das Timbaúbas em Juazeiro do Norte

	Parâmetro	Resultado
Características geométricas	Área (km ²)	17,46
	Perímetro (km)	21,18
	Coefficiente de Compacidade	1,17
	Coefficiente de Forma	0,62
	Índice de circularidade	0,48
Características da rede de drenagem	Comprimento do Rio Principal (km)	5,8
	Comprimento de todos os cursos d'água (km)	16,005
	Índice de sinuosidade	0,33
	Densidade de Drenagem (km/km ²)	0,92
	Ordem dos cursos de água na foz (n)	3

Figura 16. Delimitação da Microbacia Timbaúbas



Fonte: Autor (2017)

Para Costa e Lança (2011), microbacias com valores de compacidade de 1,00 à 1,25 indicam maior propensão a grandes enchentes; e de 1,25 a 1,50, média propensão; e valores superiores a 1,50, são bacias com baixa propensão a enchentes. Diante do exposto, pode-se afirmar que a microbacia hidrográfica em estudo mostra-se suscetível a enchentes, conforme os valores apresentados do índice de compacidade (k_c) de 1,58, índice de forma (K_f) 0,62 e índice de circularidade (I_c) 0,48, ou seja, reportando uma bacia de formato mais circular. Já o índice de forma indica uma bacia com propensão média a enchentes, visto que o valor do índice se distancia de 1 (FILHO, MACIEL, *et al.*, 2013, p. 42). A suscetibilidade às enchentes está relacionada, de certa forma, à concentração de água, e consequentemente, à concentração de sedimentos transportados, ou seja, à erosão.

Quanto à densidade de drenagem, o valor foi de 0,92 representando assim, baixa capacidade de drenagem e com poucas ramificações, conforme a classificação de Strahler. Para Villela e Mattos (1975) bacias com drenagens pobres varia de 0,5 km/km² e as bacias bem drenadas de 3,5 km/km² ou mais. O valor do índice de densidade de drenagem

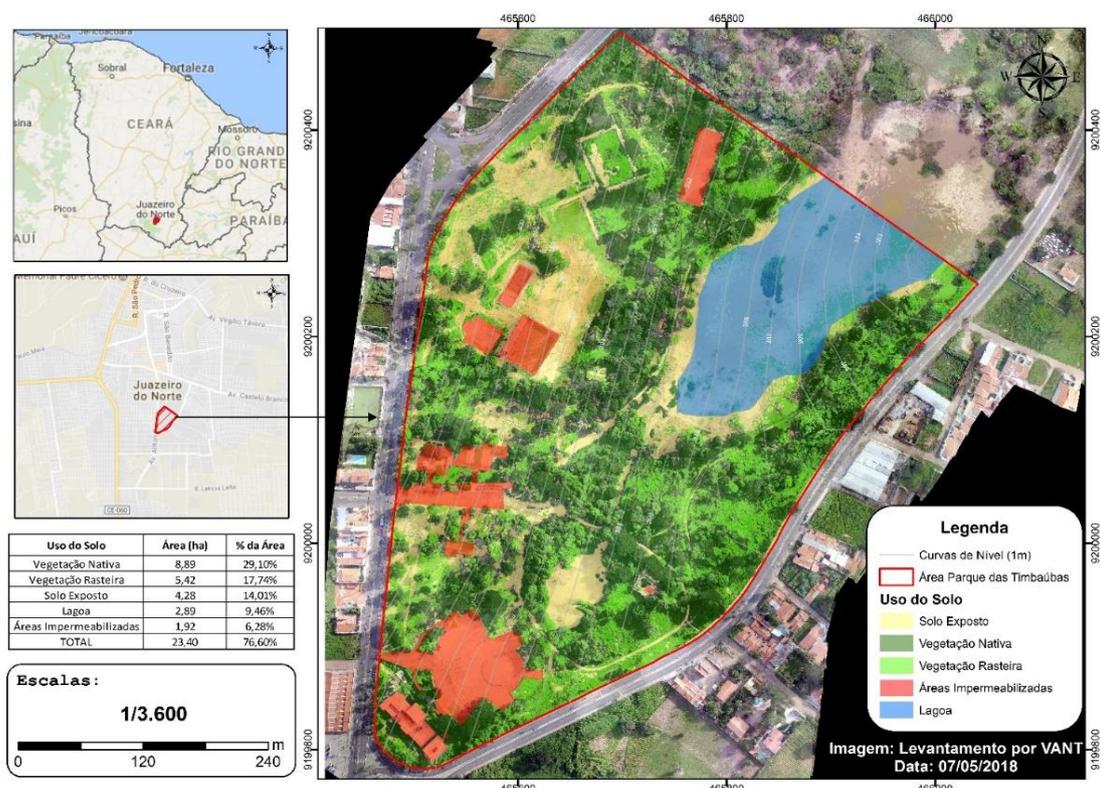
relacionado com clima semiárido da região, pode explicar a necessidade da construção de reservatórios de água como, açudes, barragens, possibilitando que a água esteja disponível por um tempo maior no local (FERREIRA, *et al.*, 2010).

A sinuosidade da rede drenagem apresentou um valor baixo de 0,33, indicativo este, de canais retilíneos, ou seja, canais que favorecem maiores transportes de sedimentos (erosão), (ANTONELI E THOMAZ, 2007), ocasionando diversos problemas, em termos de qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

Por meio de um levantamento aéreo realizado por VANT, em maio de 2018, foi possível observar as características da superfície (Figura 17). Verificou-se que 8,89 ha (31%) corresponde à vegetação nativa, 5,42 ha representa a vegetação rasteira, e o valor de solo exposto e áreas de impermeabilização totalizam 6,2 ha, além da presença de duas lagoas de águas superficiais.

Os resultados da caracterização morfométrica, atrelados às características físicas do solo, classificado predominantemente como areia siltosa (CLARINDO, 2018) e a taxa de solo exposto e de áreas impermeabilizadas, são fatores que contribuem para os acentuados processos erosivos verificados no interior da área de estudo.

Figura 17. Classificação da área do Parque Natural Municipal das Timbaúbas



Fonte: Autor (2018)

7.2. Erodibilidade do solo do Parque Natural Municipal das Timbaúbas

Na área de estudo foi possível constatar que após os eventos pluviométricos ficam mais evidentes os focos de processos erosivos na área, com a presença de erosão linear (sulcos e ravinas – Figura 18) e erosão laminar, no qual é percebida pela exposição das raízes das árvores na superfície do terreno. Essas erosões podem causar instabilidades de árvores de grande porte, como foi observado na área de estudo, onde um cajueiro centenário de grande porte tombou no mês de janeiro de 2019, após eventos pluviométricos, Figura 19. Além disso, foram observados diversos fatores que contribuem para aceleração dos processos erosivos, destacando-se a ineficiência no sistema de drenagem (Figura 20) e intensa ação antrópica no Parque, através da retirada de cobertura vegetal, disposição inadequada de resíduos sólidos (Figura 21) e presença de construções civis aumentando a impermeabilidade do solo (Figura 22).

Feitosa e Bandeira (2011) destacam que os fatores naturais como textura do solo, declivada acentuada e deficiência da cobertura vegetal aliados aos fatores antrópicos estão agravando os processos erosivos na região do Cariri.

Figura 18. Processos erosivos: sulcos e ravinamentos no Parque



Fonte: Autor (2018)

Figura 19. Presença de erosão laminar



Fonte: Autor (2019)

Figura 20. Sistema de drenagem pluvial ineficiente



Fonte: Autor (2019)

Figura 21. Disposição inadequada de resíduos sólidos



Fonte: Autor (2019)

Figura 22. Construções Civas: 4ª Cia de Polícia Militar de Meio Ambiente

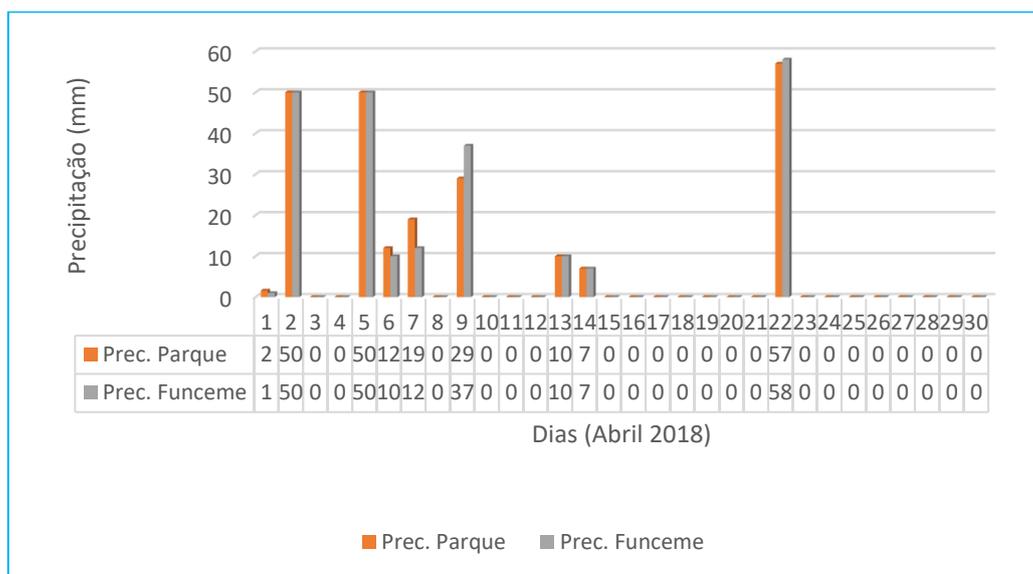


Fonte: Juazeiro do Norte (2017)

7.2.1. Perdas de solo em parcela experimental devido às chuvas naturais

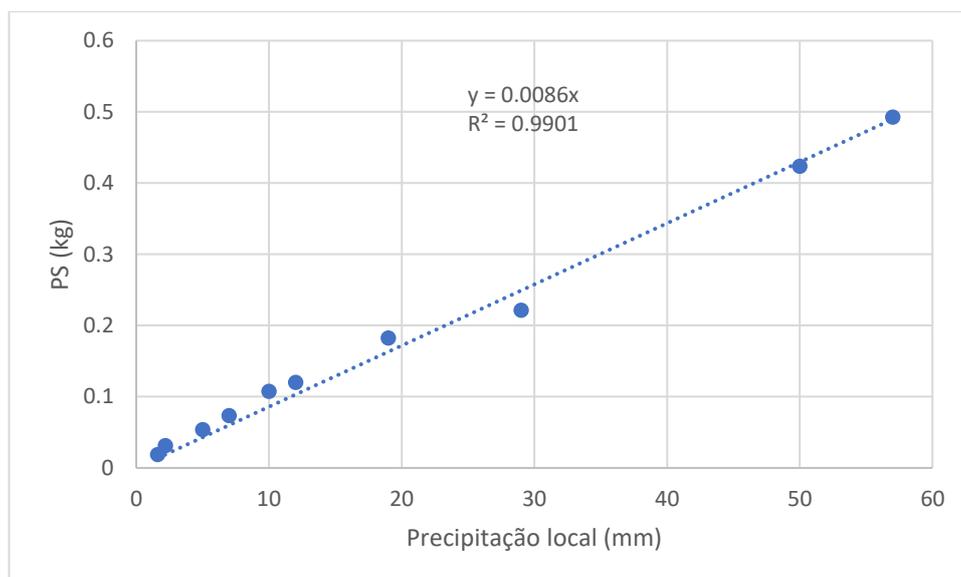
O Gráfico 1 mostra a correlação da estação meteorológica da FUNCEME e as leituras obtidas no pluviômetro instalado no Parque em abril de 2018. O coeficiente de determinação (R^2) obtido entre os dados foi de 0,9694, fornecendo uma relação forte entre as pluviometrias.

Gráfico 1. Pluviometria da FUNCEME e do pluviômetro instalado no Parque



Com relação às perdas de solo observadas durante as ocorrências das chuvas naturais no mês de abril de 2018 (Gráfico 2), observou-se que uma precipitação diária de 7,0 mm (14/04/2018) provocou o transporte de sedimentos de 73,5 g de solo; já uma precipitação de 29 mm (09/04/2018) provocou o transporte de sedimentos de 221,37g de solo; e uma chuva intensa diária de 50 mm (05/04/2019) chuva provocou o arraste de 407,92 g de sedimentos. Observa-se ainda do Gráfico 2 que ocorreu uma proporcionalidade entre a precipitação pluviométrica e a perda de solo com R^2 0,9901. Fato este que deve estar relacionado com período das ocorrências de precipitações que foram mais concentradas a noite. Sendo assim, o solo tende a perder umidade durante o dia, onde as características climáticas e o tipo de solo também favorecem este processo. Vale ressaltar que não foi possível obter informações sobre a duração da chuva, sendo os registros obtidos em intervalos de 24 horas.

Gráfico 2. Correlação entre a precipitação pluviométrica e a perda de solo na parcela experimental



Fazendo uma extrapolação da área da parcela, para o total de área de solo exposto em todo o Parque, e considerando outros fatores inalterados (tais como declividade, forma do relevo e tipo de solo), foi possível estimar um quantitativo de solo erodido, que, conseqüentemente, poderia assorear a Lagoa dos Macacos. Considerando a área total de solo exposto do Parque, correspondente a 4,28 hectares, obteria que, uma chuva intensa diária de 50 mm poderia causar a desagregação e transporte de 28,41 toneladas de sedimentos, que poderiam ser depositados nas lagoas, causando o seu assoreamento e interferindo na qualidade da água e na sobrevivência dos seres aquáticos. Apesar de ser apenas uma estimativa, devido aos diversos fatores envolvidos, os resultados obtidos servem de alerta para o gerenciamento do Parque Municipal.

Com relação ao estudo da permeabilidade do solo, foi obtido na área de estudo um valor de coeficiente de permeabilidade (k) na ordem de 10^{-3} cm/s, típico de solos arenosos, conforme afirma Souza Neto (2004). Este mesmo valor foi encontrado no estudo de Clarindo (2018) em outros pontos do Parque. Este elevado valor de coeficiente de permeabilidade mostra a facilidade da água se infiltrar no solo não coesivo, o que poderia reduzir o escoamento superficial e conseqüentemente a erosão.

7.2.2. Taxas de desagregação do solo e perdas de solo causadas pelo escoamento superficial simulado

A simulação de escoamento superficial nas Parcelas Experimentais II e III (solo com vegetação natural/serrapilheira e solo sem vegetação), instaladas entre dois sulcos erosivos, ocorreu num trecho de terreno cuja declividade do terreno era de 17%.

Na Parcela Experimental III, de solo exposto - sem cobertura vegetal, o escoamento superficial se deu com maior velocidade em relação ao escoamento na parcela II, sendo a primeira coleta de água com sedimento ocorrida em 51 minutos após o início do ensaio. Na Parcela Experimental II, com a presença de vegetação, a primeira coleta de água com o solo transportado se deu após 1 hora e 30 minutos do início do ensaio, mostrando que a cobertura vegetal reduz a velocidade do escoamento superficial. Na parcela sem vegetação a velocidade inicial do escoamento superficial foi estimada em 0,133 m/s e na parcela com vegetação a velocidade foi estimada em 0,070 m/s, tendo uma redução de 52,63% na velocidade, mostrando que a cobertura vegetal reduz o poder de arraste dos sedimentos pela redução da energia do escoamento.

Outro fator importante observado trata-se da umidade do solo após o ensaio. Na parcela com vegetação, após o ensaio, o solo apresentou umidade no valor de 21,5% e na parcela de solo sem vegetação a umidade final foi de 14,6%. Desse modo, percebe-se que o solo com cobertura vegetal retém mais água no solo, devido às raízes das plantas, auxiliando no processo de infiltração e na retenção da água no solo. Ao reter mais água no solo, aumentando o teor de umidade e o grau de saturação, a sucção é reduzida facilitando o processo de infiltração de água no solo; quando o solo absorve pouca água, a sucção ainda é elevada, contribuindo para o escoamento superficial e para a erosão. A Tabela 4 resume os resultados obtidos nos experimentos.

Tabela 4. Parâmetros obtidos no escoamento simulado na parcela erosiva

Parâmetros Obtidos	Parcela experimental de solo sem cobertura vegetal	Parcela experimental de solo com cobertura vegetal
Declividade	17,25 %	17,25 %
Velocidade inicial do escoamento superficial	0,133 m/s	0,070 m/s
Início da coleta de sedimentos	51 minutos	1h 30 minutos

Umidade inicial do solo	9,0 %	9,3 %
Umidade final do solo	14,6 %	21,5 %

Fonte: Autor (2019)

Quanto às taxas de desagregação e às perdas de solo (Tabela 5), obteve-se que esses parâmetros foram maiores nas primeiras coletas do escoamento superficial (coleta 1 e 2), assim como Clarindo (2018), observou nos ensaios de Inderbitzen realizados em laboratório. Com relação à concentração de sedimentos, verificou-se que os maiores valores obtidos foi na parcela de solo sem cobertura vegetal. Tal fato também foi observado nas pesquisas de Inácio, *et. al.*, (2007) e Meira (2008).

Tabela 5. Dados obtidos nas parcelas experimentais de solo sem cobertura vegetal e com efeito da cobertura vegetal

Nº de Coletas	Parcela de Solo sem cobertura vegetal				Parcela de solo com cobertura vegetal		
	Duração da coleta (min)	Concentração de sedimentos (kg/kg)	Taxa de desagregação do solo (Kg/m ² s)	Perda de solo (Kg/m ²)	Concentração de sedimentos (kg/kg)	Taxa de desagregação do solo (Kg/m ² s)	Perda de solo (Kg/m ²)
1	20	0,032275711	0,000033	0,0430	0,002799246	0,000003	0,0037
2	20	0,05655754	0,000063	0,0754	0,004229287	0,000005	0,0056
3	10	0,005626767	0,000013	0,0068	0,003391984	0,000008	0,0043
4	10	0,026345957	0,000057	0,0351	0,003820896	0,000017	0,0102
5	5	0,011641949	0,000049	0,0147			
6	5	0,007692308	0,000028	0,0092			
7	5	0,003337066	0,000013	0,0038			
8	5	0,007229336	0,000028	0,0082			
9	5	0,013734115	0,000062	0,0137			

Os Gráfico 3 e Gráfico 5 apresentam as taxas de degradação do solo ao longo do tempo e a sua projeção considerando a área de solo exposto do Parque; e Gráfico 4 mostra a perda de solo em relação ao tempo, sendo a parcela de solo experimental sem vegetação representada por S/V e a parcela com cobertura vegetal representada por C/V. Observa-se nestes gráficos que nos primeiros minutos do ensaio o solo sem cobertura vegetal apresentou uma taxa de desagregação e a perda de solo maiores quando comparadas ao solo com cobertura vegetal. Esse comportamento, no solo com cobertura, pode estar atrelado a maior retenção de água pelas raízes das plantas, à redução da sucção, ao maior processo de infiltração e conseqüentemente, à redução da velocidade de escoamento devido à vegetação funcionar como barreira natural. Ressalta-se que o experimento na

parcela de solo com cobertura vegetal teve duração apenas de 50 minutos, devido a evento pluviométrico inesperado (forte pancada de chuva).

Gráfico 3. Taxa de desagregação acumulada do solo na parcela experimental

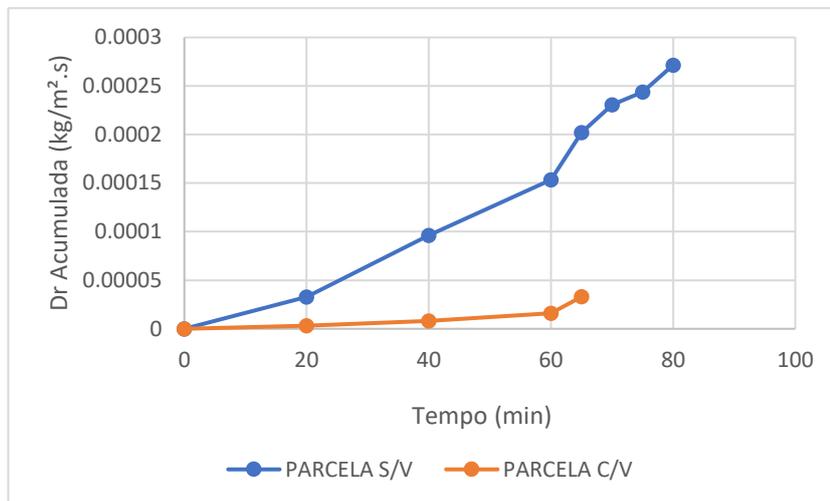


Gráfico 4. Perdas de solo acumulada nas parcelas experimentais

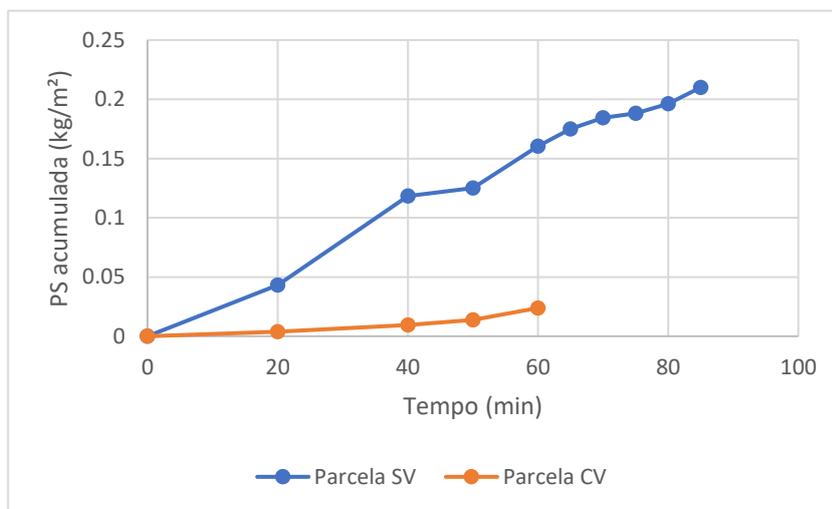
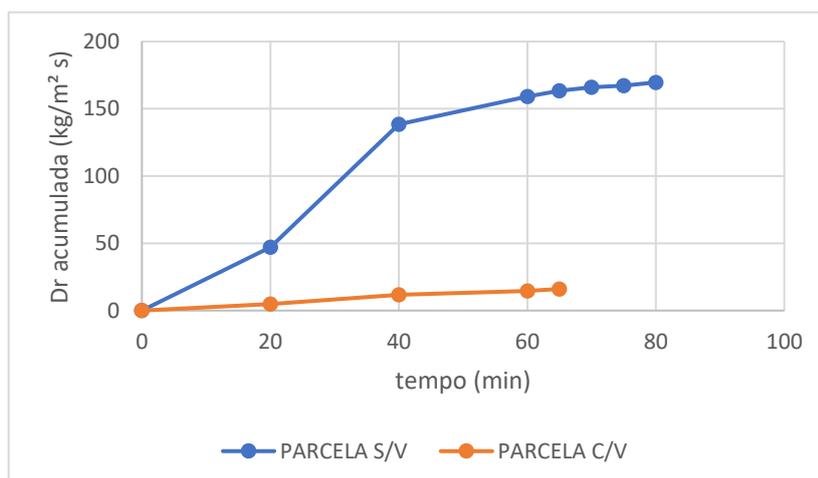


Gráfico 5. Taxa de desagregação considerando o solo exposto do Parque



Os resultados obtidos neste estudo mostram a importância da preservação da vegetação para a redução dos processos erosivos, pois auxiliam efetivamente na redução do escoamento superficial e conseqüentemente no transporte de sedimentos (GARCÍA-RUIZ, 2010).

7.3. Qualidade Hídrica da Lagoa dos Macacos

7.3.1 Resultados dos parâmetros físico-químicos analisados na água da Lagoa dos Macacos

A Tabela 6 mostra a análise estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos avaliados neste estudo.

Tabela 6. Estatística descritivas dos resultados das amostras de água da Lagoa dos Macacos

Variáveis	N	Mediana	Min - Máx	Coefficiente de Covariação
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	30	0,9	0,0 - 18,7	182,3
Cloretos		27,7	9,8 - 70,6	47,8
DBO (mg/L)		60	32,7- 105	37,6
Fósforo(mg/L)		0,5	0,01- 0,18	80,0
Nitrato(mg/L)		0,8	0,05 - 2,3	72,5
Nitrito(mg/L)		0,3	0,01 - 1,3	99,7
Nitrogênio Amoniacal		2,1	0,9 – 6,1	48,3
Oxigênio Dissolvido		4,3	2,1 – 6,6	38,2
pH		5,8	4,3 – 7,9	20,3
Sulfato(mg/L)		125,3	86,4 – 145,4	10,8,,,,,
Sulfeto(mg/L)		11,6	7,7 - 19,4	31,6
Sólidos Totais		140,0	83,0 – 290	37,5
Sólidos Dissolvidos		92,5	40 - 142,0	54,2
Sólidos sedimentáveis		0,4	0,1 - 1,5	81,6
Turbidez (UNT)		41,1	12,7 - 81,0	39,2
Temperatura		26,9	25,3 – 28,5	3,4

Após a realização da estatística descritiva (Tabela 6), e analisando-se a variabilidade dos resultados de acordo com Pimentel Gomes (1981), observou-se que os valores de temperatura apresentaram coeficientes de variação baixo ($CV < 10\%$), o pH e sulfato foram classificados como médio ($10 \leq CV < 20$) e os demais parâmetros (DBO, OD, Nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fósforo total, sulfeto, clorofila *a*, cloretos, turbidez, sólidos totais, sólidos sedimentáveis e sólidos dissolvidos) apresentaram CV

maior que 30%, classificado como muito alto.

A grande variabilidade dos dados constatada na maioria dos parâmetros é atribuída a dinâmica de dispersão de poluentes em ambientes aquáticos lânticos, uma vez que, de acordo com Tundisi e Tundisi (2008), a dispersão vertical e longitudinal dos poluentes dependem de mecanismos externos (vento, pressão barométrica, transferência de calor, fluxo a jusante, força de Coriolis, descargas na superfície, dentre outros) e internos (estratificação, mistura vertical, retirada ou perda seletiva a jusante, correntes de densidade e formação de ondas internas).

Para facilitar a análises dos dados, optou-se por avaliar os resultados organizando-os em dois grupos (Grupo I e Grupo II). No primeiro grupo foram incluídos os resultados dos três primeiros ciclos de coleta, por terem sofrido maior influência do período chuvoso e, portanto, maiores contribuições do escoamento superficial para o interior da lagoa, resultando no estabelecimento de maiores lâminas d'água. No segundo grupo, ficaram os resultados dos três últimos ciclos de coleta, período em que foi identificado apenas um ponto de escoamento superficial em direção a lagoa, que resultou nas menores lâminas d'água ao longo dos ciclos das coletas.

Para verificar se ocorreram variações significativas entre as medianas dos parâmetros avaliados entre os Grupo I e Grupo II, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, para um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$). Os resultados desta avaliação estão na Tabela 7.

Tabela 7. Teste de Kruskal-Wallis do Grupo I e II

Variáveis	Mediana Grupo I	Mediana Grupo II	p-valor Teste de Kruskal -Wallis
Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	2,40	0,00	P<0.0001
Cloretos(mg/L)	22,32	28,15	P=0.4937
DBO (mg/L)	66,41	50.83	P=0.1584
Fósforo(mg/L)	0.039	0.055	P=0.1585
Nitrato(mg/L)	0,86	0,72	P=0.8195
Nitrito(mg/L)	0,30	0,27	P=0.2715
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	2,13	2,11	P=0.5474
OD (mg/L)	5,8	2,9	P<0.0001
pH	7,14	5,29	P=0.0002
Sulfato(mg/L)	122.19	125.8	P=0.2372
Sulfeto(mg/L)	9,20	15,29	P<0.0001
Sólidos Totais	136,00	139,00	P=0.7715

Variáveis	Mediana Grupo I	Mediana Grupo II	p-valor Teste de Kruskal -Wallis
Sólidos Dissolvidos	57,00	93,40	P=0.2808
Sólidos sedimentáveis	0,70	0,35	P=0.2401
Turbidez (UNT)	43,10	38,20	P=0.1319
Temperatura (°C)	26,10	27,35	P<0.0001

Os valores em negrito são significativos com alfa=0,05

Da análise da Tabela 7, observou-se que ocorreram diferenças significativas entre as medianas dos valores de temperatura, pH, OD, sulfeto e clorofila *a*.

Com relação ao sulfeto, verificou-se que as concentrações nos três últimos ciclos (Grupo II) foram significativamente maiores do que as obtidas no Grupo I e estavam na faixa considerada tóxica para os organismos aquáticos, que é de 1 a 6 mg H₂S/L (MAINIER E VIOLA, 2015), uma vez que os valores de pH variaram entre 4,3 e 5,3. De acordo com Pohling (2009), a concentração de H₂S dissolvido em pH 6 é de 90 % e 10 % do íon HS⁻. Nesta faixa de pH, a atividade bacteriana acaba completamente (Pohling, 2009).

Destaca-se que os resultados encontrados no Grupo I, estão de acordo com os valores de pH encontrados por Bispo (2015), que realizou análises de pH na lagoa dos Macacos durante o período de julho de 2014 a janeiro de 2015 e obteve valores em torno de 6,35 e 8,35. Dados parecidos foram encontrados por Roque (2014), também na lagoa dos Macacos, durante o período de amostragem de outubro de 2013 a janeiro de 2014 e de junho a agosto de 2014, obtendo dados de pH variando de 7,2 a 7,9.

As elevadas concentrações de sulfetos obtidas estão relacionadas a fermentação da matéria orgânica, com formação de subprodutos ácidos, dentre eles o H₂S. De fato, de acordo com Sallam e Elsayed (2015), a fermentação da matéria orgânica libera gás sulfídrico e metano que reduzem o pH.

Outro aspecto a ser considerado é a possibilidade de solubilização de sulfetos armazenados no sedimento do leito da lagoa, com conseqüente liberação para a coluna d'água, uma vez que, de acordo com Esteves (1998), dentre os aspectos que influenciam as concentrações de enxofre em águas naturais está a litologia regional. Esta justificativa está baseada na reduzida lâmina d'água da lagoa observada nos três últimos ciclos de coleta de água, que favorece a uma maior interação entre a água e o sedimento, em decorrência da possibilidade de intensificação do mecanismo de ressolubilização do

enxofre armazenado no sedimento do leito da lagoa.

O aumento da concentração de sulfetos, verificada no Grupo II, pode ter sido responsável pelas reduções de pH e das concentrações de oxigênio dissolvido no meio, uma vez que, de acordo com a literatura especializada (Esteves, 1998; Maltchik, Rolon e Groth, 2004; Fangnani, *et. al.*, 2011), para a mineralização da matéria orgânica, inclusive das macrófitas aquáticas, os microrganismos utilizam OD e íons nitrato como receptores de elétrons, resultando numa leve redução do pH e do OD do meio. Nesta pesquisa, o pH foi reduzido de 7,1, no Grupo I, para 5,2 no grupo II. Com relação as concentrações de OD, a redução foi de 5,8 (Grupo I) para 2,9 (Grupo II), propiciando o estabelecimento de condições anaeróbias na lagoa, nos três últimos ciclos de coleta.

É importante ressaltar que a redução significativa das concentrações de OD, verificada no Grupo II, por meio do teste de Kruskal Wallis (Tabela 7), pode ser atribuída, principalmente, a decomposição das macrófitas presentes no Grupo I. e a redução expressiva do fitoplâncton, já que o aporte de material orgânico associado ao lançamento das águas de drenagem pluviais, que recebe contribuição de águas cinzas, ocorreu ao longo de todos os ciclos de coleta (Figura 23).

Figura 23. Lançamento indevido de águas cinzas na rede de drenagem pluvial



Fonte: Autor (2019)

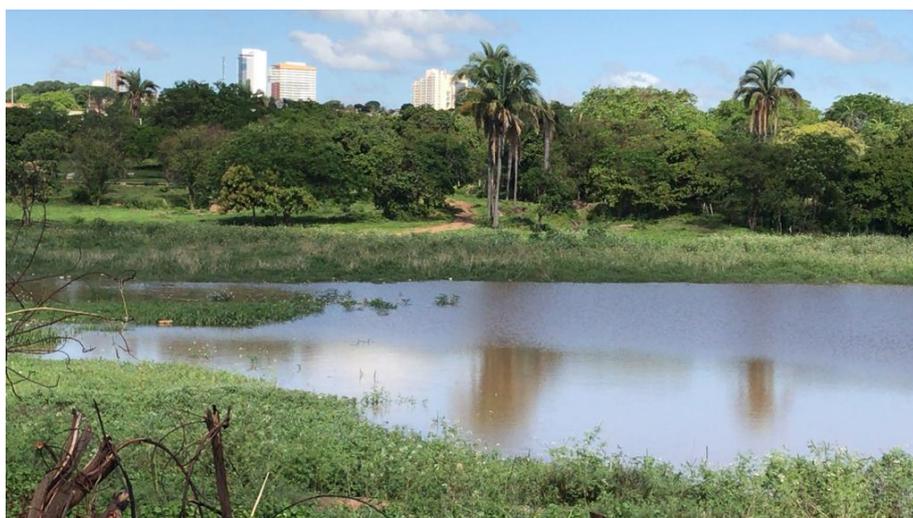
Ressalta-se que embora o oxigênio dissolvido seja um bom indicador de poluição, este não deve ser o único fator considerado, uma vez que as diminuições nos níveis de

oxigênio dissolvido podem ser causados tanto pela decomposição da matéria orgânica (oxidação) quanto por perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos, nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos – ferro (II) e manganês (II), entre outros (Fiorucci e Benedetti-Filho, 2005).

Também deve ser ressaltado que nos três últimos ciclos de coleta (ciclos 4, 5 e 6), nos quais foram constatadas reduções das macrófitas, do fitoplâncton, do pH e do OD, bem como aumento das concentrações de sulfeto, foi verificada uma diminuição significativa nas concentrações de clorofila *a* nos pontos de coleta 1, 2, 3 e 5. No Grupo I, as concentrações variaram entre 0,53 e 18,7 µg/L; enquanto no Grupo II foi constatada uma redução significativa destas concentrações, com valores variando entre 0 e 1,78 µg/L.

As Figuras 24 e 25, mostra a quantidade de macrófitas e fitoplâncton presentes no meio entre os ciclos de coleta.

Figura 24. Lagoa dos Macacos em julho de 2018



Fonte: Autor (2018)

Figura 25. Lagoa dos Macacos em setembro de 2018



Fonte: Autor (2018)

Ressalta-se que a clorofila *a* foi obtida no ponto 4 durante todos os ciclos de coleta. Este achado pode ser atribuído ao fato do ponto 4 receber o maior aporte de esgotos, uma vez que recebe a drenagem pluvial de vários bairros da cidade de Juazeiro do Norte, como a do bairro João Cabral, que é um dos mais populosos, com 17.857 hab (IBGE, 2010). Além da contribuição dos bairros Romeirão, com 7.110 hab, José Geraldo da Cruz, com 4.640 hab, e Tiradentes, com 10.107 hab. (IBGE, 2010).

Na Figura 16, verifica-se que o bairro João Cabral possui a maior densidade demográfica da microbacia do Parque Natural Municipal das Timbaúbas, seguido dos bairros Romeirão e Tiradentes. Destaca-se, ainda, que o bairro João Cabral possui apenas 49,6% de domicílios interligados a rede coletora de esgotos, o Romeirão 67 %, o José Geraldo da Cruz 11% e o Tiradentes não possui rede coletora de esgotos (CAGECE, 2018). A partir destes dados depreende-se que a maioria dos domicílios dos referidos bairros lançam suas águas cinzas, indevidamente, na rede de drenagem pluvial da microbacia da área em estudo. A Figura 26 mostra o lançamento indevido de esgotos domésticos na rede de drenagem pluvial que desagua na lagoa superficial no Parque Natural Municipal das Timbaúbas.

Figura 26. Despejo de esgoto em Área de Proteção Ambiental



ESGOTO de 50 casas despejado em área de proteção ambiental, em Juazeiro

Fonte: Jornal do Cariri, p. 5, 12 a 18 de Mar. 2019

As expressivas reduções das macrófitas e do fitoplâncton, observadas no Grupo II, podem ser atribuídas, a princípio, as diminuições do nível da água da lagoa, do pH e ao aumento da temperatura. De fato, Kebede e Ahlgren (1996), e El Gammal *et al.*, (2017) relatam que para o desenvolvimento do fitoplâncton a temperatura ideal é de 30°C e os valores de pH devem estar próximos de 8. Já Pezzato (2007) e Cancian (2007), ao realizarem estudos experimentais no Brasil, relatam que espécies de macrófitas de regiões tropicais apresentam melhor crescimento em temperatura de 25 °C, tendo seu crescimento limitado em temperatura de 30 °C Com relação a variação do nível d'água, diversos estudos demonstraram que o nível d'água exerce influência sobre a biomassa, frequência de ocorrência e/ou a produção primária de macrófitas aquáticas (Palma-Silva *et al.* 2000, Santos & Esteves 2002, Santos & Esteves 2004, Palma-Silva *et al.* 2005), Santos *et al.* 2006, Thomaz *et al.* 2006). Em estudos realizados por Palma-Silva *et al.* (2000), na Lagoa de Imboassica (litoral norte do Rio de Janeiro), e por Santos & Esteves (2004), na Lagoa de Cabiunas (litoral norte do Rio de Janeiro), foi verificada uma relação direta entre o aumento do nível de água e o aumento da biomassa de macrófitas.

De acordo com Biudes e Camargo (2008), porém, a maioria dos estudos sobre produção primária das macrófitas no Brasil tem sido realizada em ambientes naturais e, portanto, não permitem que se conclua quais fatores são responsáveis pelas variações na

produção e na biomassa. Ainda de acordo com estes autores, apenas estudos experimentais nos quais é possível se controlar as variáveis, alterando-se apenas a variável de interesse, podem fornecer informações sobre a influência desta variável.

Os resultados apresentadas acima foram ratificados pelo Coeficiente de Spearman (r), para um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), uma vez que a clorofila a se correlacionou positivamente com parâmetro pH ($r/s = 0,4412$, Apêndice A), OD ($r/s = 0,6182$, Apêndice A) e negativamente com sulfeto ($r/s = -0,6183$, Apêndice A) e temperatura ($r/s = 0,6174$, Apêndice A).

Com relação aos demais parâmetros, todos os valores obtidos são característicos de águas cinzas (Tabela 8).

Tabela 8. Caracterização de águas cinzas

Autor	Local	Fonte	pH	Turbidez (UNT)	DBO (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fósforo (mg/L)	N. Amoniacal (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Sulfeto (mg/L)	Sólidos Totais	Sólidos Sediment.	CTT
Christova-Boal et al (1996)	Austrália	Banheiro	6,4-8,1	-	66-200	9,0-18	0,11 - 1,8	0,10 - 0,05	-	-					170 - 3,3 x 10 ³
		Lavanderia	9,3-10	-	48-290	9,0-88	0,062 - 42								110 - 1,09x10 ³
Borges (2003)	Curitiba	Banheiro	6,7- 8,5	2-189	17-287		0,51-38,4								2,0 - 1,6 x 10 ⁷
Bazzarella (2005)	Vitória Espírito Santo	Lavatório	8,03	158	265	10	0,6-1,1	0,5	0,03-0,14	0,57-0,93	112-325	0,11-0,19			1,35E+02
		Chuveiro	7,34	109	165	20	0,2- 0,5		0,03-0,11	0,46-0,73	162- 439	0,09-0,19			3,95E+04
Rebêlo (2011)	Maceió	Lavatório, chuveiro e máquina de lavar (mistura)	6,9 -7,8	35,7- 361	14 -43	28,8 -48	0,02 -2,3	0,2 -60,2						< 1,0	
Rampeloto (2014)	Santa Maria- RS	máquina de lavar	7,4	101 -163	49								391-606	1-1,8	ND a 1,8E+5

7.3.2. Comparativo com a Resolução CONAMA 357/2005

Neste item os resultados serão avaliados quanto ao atendimento aos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA N° 357 de 2005, que classifica as águas superficiais conforme seus usos atuais e futuros para corpos d'águas de classe 2¹, e pela resolução CONAMA N° 274 de 2000, uma vez que os usos mais frequentes na Lagoa dos Macacos são o banho (recreação de contato primário) e a pesca.

Da análise da Tabela 9, verifica-se que, no Grupo I, 100 % dos dados dos parâmetros pH, OD, turbidez, nitrito, nitrato, cloretos, sulfato, sólidos dissolvidos e clorofila *a* e CTT atenderam as resoluções do CONAMA N° 357 e 274. Com relação ao Grupo II, constata-se que os parâmetros turbidez, nitrito, nitrato, cloretos, sulfato, sólidos dissolvidos, clorofila *a* e CTT atenderam as referidas resoluções. Já os valores dos parâmetros DBO e sulfetos, ao longo de todos os ciclos de coleta, e de pH, OD e fósforo, no Grupo II, não atenderam aos limites normativos. No que se refere aos dados de nitrogênio amoniacal e fósforo, no Grupo I, observa-se que o percentual de atendimento foi de 75% e de 38% respectivamente.

Tabela 9. Atendimento aos padrões estabelecidos pelo CONAMA N° 357/2005

Variáveis	Mediana Grupo I	Mediana Grupo II	Limite máximo: CONAMA N° 357/2005	% de atendimento ao CONAMA N° 357/2005 (Grupo I)	% de atendimento ao CONAMA N° 357/2005 (Grupo II)
CTT (NMP/100mL)	200	180	<1000	100	100
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	2.40	0,00	< 30 µg/L	100	100
Cloretos(mg/L)	22,32	28,15	<250 mg/L	100	100
DBO (mg/L)	66,41	50.83	<5 mg/L O ₂	0	0
Fósforo(mg/L)	0.039	0.055	<0,030 mg/L, em ambientes lânticos	38	0
Nitrato(mg/L)	0,86	0,72	<10 mg/L	100	100
Nitrito(mg/L)	0,30	0,27	<1 mg/L	100	100
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	2,13	2,11	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5	75	100
OD (mg/L)	5,8	2,9	>5 mg/L O ₂	100	0
pH	7,14	5,29	6 - 9	100	0
Sulfato(mg/L)	122.19	125.8	<250 mg/L	100	100

¹ Águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

Variáveis	Mediana Grupo I	Mediana Grupo II	Limite máximo: CONAMA N° 357/2005	% de atendimento ao CONAMA N° 357/2005 (Grupo I)	% de atendimento ao CONAMA N° 357/2005 (Grupo II)
Sulfeto(mg/L)	9,20	15,29	<0,002 mg/L	0	0
Sólidos Totais	136,00	139,00	-	-	-
Sólidos Dissolvidos	57,00	93,40	500	100	100
Sólidos sedimentáveis	0,70	0,35	-	-	-
Turbidez (UNT)	43,10	38,20	<100 UNT	100	100
Temperatura (°C)	26,10	27,35	-	-	-

De maneira geral, verifica-se que os maiores percentuais de não atendimento aos padrões estabelecidos pelas normas regulamentadores pertinentes ocorreram no Grupo II. De fato, este achado já era esperado, uma vez que a discussão dos resultados listados na Tabela 9 apontaram para um desequilíbrio do ecossistema aquático estudado, principalmente nos três últimos ciclos de coleta. Este desequilíbrio está sendo causado, possivelmente, pelo aporte diário de águas pluviais poluídas por águas cinzas. É importante destacar que este desequilíbrio não está sendo atribuído as contribuições difusas e pontual (ponto de lançamento da rede de drenagem de águas pluviais) do escoamento superficial, uma vez que as coletas foram realizadas em período de estiagem, principalmente nos últimos três ciclos. Ou seja, durante o período das coletas de água, a lagoa estava recebendo, por meio da rede de drenagem de águas pluviais, apenas águas cinzas. Realmente, ao se comparar as medianas dos valores dos parâmetros da Tabela 9 com os obtidos para águas cinzas, citados na literatura especializada (Tabela 8), verifica-se proximidade entre os valores de pH, DBO, cloretos, fósforo, nitrogênio amoniacal e nitrato obtidos nesta pesquisa e os comumente obtidos em águas cinzas

7.3.3. Índice de Qualidade de Água (IQA)

Da análise do Gráfico 6, observa-se que todos os IQA calculados para os 3 três primeiros ciclos (Grupo I) apresentaram-se dentro da faixa considerada “Razoável”, com valor de IQA variando de 51,48 a 54,9, sendo considerado “Razoável” valores de IQA menores ou iguais a 51. Já no Grupo II, os IQAs calculados apresentaram-se dentro da faixa de “Razoável” nos pontos de coleta do ciclo 4 e “Ruim” durante os dois últimos ciclos de coleta, com valores variando de 31,07 a 35,8. Este achado ratifica os resultados do comportamento espaço-temporal discutidos no item Resultados dos parâmetros físico-

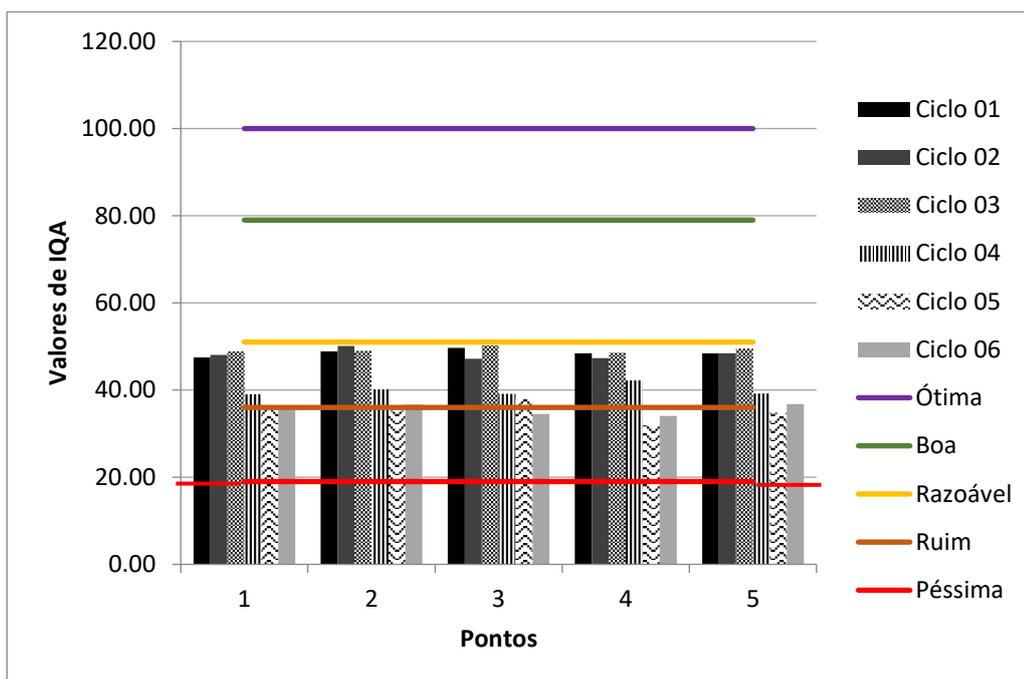
químicos analisados na água da Lagoa dos Macacos estão em concordância com avaliação da qualidade da água considerando os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA.

Ante o exposto, verifica-se a necessidade da implantação de medidas de proteção do manancial estudado. Para isto, porém, é necessário que o IQA seja determinado em diferentes períodos do ano, de tal forma que as interferências das condições ambientais sobre a qualidade da água possam ser captadas por este índice. Também devem ser realizadas pesquisas utilizando outros tipos de índices de avaliação da qualidade das águas, como o índice trófico (Saad *et. al.*, 2013, Andrietti *et. al.*, 2015; Araújo *et. al.*, 2018) e os índices bióticos (Gonçalves e Menezes, 2011; Silva *et. al.*, 2011; Cardoso *et. al.*, 2014), uma vez que o IQA pode não representar de forma adequada a realidade em campo.

De acordo com Piasentin *et. al.* (2009), mesmo com pesos diferentes no cálculo do IQA, as variáveis que o determinam se coordenam de modo diverso em cada ponto, dependendo das condições do ambiente de coleta. Embora o valor do IQA se mantenha em uma mesma faixa. a maior parte do tempo para diferentes pontos, o mesmo não se pode dizer para as variáveis, quando estudadas isoladamente. As oscilações das variáveis do IQA compensam-se umas às outras, mantendo o índice relativamente estável em um patamar. Entretanto, essa relativa “estabilidade” mascara flutuações importantes no ambiente, que devem ser monitoradas e analisadas com maior cuidado, a fim de que se possa corrigir eventuais problemas.

Souza (2014), ao analisar amostras de água dos rios Batateiras e Granjeiro, por um período de 2 anos, na mesma região do objeto de estudo desta pesquisa, obteve valores de IQA que o classificaram nas faixas de qualidade “Razoável” e “Boa”.

Ao se considerar os valores de IQA obtidos nesta pesquisa, bem como os valores obtidos em outros estudos, em diversas localidades do Brasil, verifica-se que a qualidade da maior parte dos corpos d’água estudados pertencem a classe regular e ruim. Estes indicadores revelam, de maneira geral, as precárias condições ambientais dos recursos hídricos urbanos monitorados e reforçam a necessidade urgente de investimento em saneamento básico (SOS Mata Atlântica, 2015).

Gráfico 6. Valores de IQA da lagoa dos Macacos

CONCLUSÃO

O uso de geoprocessamento auxiliou no processo de classificação da área e caracterização morfométrica, fornecendo assim, subsídios para melhoria na gestão do Parque Natural Municipal das Timbaúbas, uma vez que a microbacia analisada possui formato mais circular, sendo propícia a enchentes e seus canais retilíneos que favorece maior arraste de sedimentos.

A área de estudo possui cerca 6,2 hectares de solo exposto e áreas impermeabilizadas, valor este, próximo ao representado pela vegetação nativa de 8,89 hectares, servindo de alerta para a necessidade da implantação de projeto de recuperação de áreas, visto que o solo do Parque tem elevada suscetibilidade a processos erosivos, verificada pelos ensaios de perdas de solo em parcelas erosivas experimentais.

Com relação da qualidade da água, verificou-se que esta variou de razoável a ruim, fato este, atribuído ao aporte diário de águas cinzas provenientes do sistema de drenagem de águas pluviais. Os parâmetros que mais contribuíram para estes resultados, foram temperatura, OD, pH, sulfeto e fósforo. Quanto ao atendimento aos padrões específicos estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005, constatou-se que os valores dos parâmetros DBO e sulfetos, ao longo de todos os ciclos de coleta não atenderam esta normativa. No Grupo I, 25 % de nitrogênio amoniacal e 62% de fósforo também apresentaram valores acima dos padrões estabelecidos. Já no Grupo II os valores de pH, OD e fósforo foram acima dos limites do CONAMA.

Diante do exposto, o diagnóstico ambiental supra, contribuirá na elaboração plano de manejo da Área de Proteção Integral (API) e no desenvolvimento de políticas públicas ambientais, uma vez que foi possível identificar os principais agentes causadores da degradação do solo e da qualidade dos recursos hídricos do Parque Natural Municipal das Timbaúbas.

RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

O estudo do processo erosivo e processo de despoluição da água das lagoas é bastante complexo e envolve várias áreas de estudo. Essa pesquisa buscou abordagens mais utilizadas na literatura quanto a qualidade dos recursos hídricos. Quanto à erodibilidade muito se tem de conhecer e compreender desse processo. Como recomendações para pesquisas futuras sugere-se:

- 1- Avaliação físico-química e microbiológica do solo do Parque;
- 2- Realização de ensaios de erodibilidade utilizando o simulador de chuvas;
- 3- Realização de chuvas simuladas em solos com diferentes coberturas naturais e artificiais (geossintéticos);
- 4- Analisar a influência da sucção do solo não saturado na perda de massa por erosão;
- 5- Realizar estudos ecohidrológicos com intuito de entender fatores e processos interativos que ocorrem na lagoa para conservação criativa e integrada deste ecossistema;
- 6- Monitorar a qualidade da água da Lagoa em estudo com intuito de enquadrá-la de acordo com as especificações do CONAMA N° 357/2005.
- 7- Determinar a qualidade da água por meio de índices biológicos e tróficos.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898. **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.** Rio de Janeiro, 1987.
- ALMEIDA, J.G.R. (2014). Erodibilidade de solos tropicais não saturados nos municípios de Senador Canedo e Bonfinópolis – GO. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil – PPG-GECON, Universidade Federal de Goiás, 128 pp.
- ANDRADE, B. H.; BIAZI, M. S.; OLIVEIRA, P. T. S. DE.; DULCE, B. B. R.; SOBRINHO, T. A. **Caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica utilizando sistema de informações geográficas.** XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009.
- ANTONELI, V.; THOMAZ, E.L.; Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Ver. Caminhos da Geografia, Uberlândia**, v.8, n. 21, 2007.
- APHA, *et al.* **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 23^a Edição, American Public Health Association, Washington D C. 2001.
- ARRAIS, A. M. A. C. *et al.* Preservação das áreas verdes urbanas: um estudo sobre o Parque Ecológico das Timbaúbas. In: **Revista NAU Social** - v.5, n.8, p. 9-19 Maio/Out 2014.
- ARAUJO, G. H. DE. S.; ALMEIDA, J. R. GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas.** 6^o edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- ARAUJO, D. R.; MENDONÇA, A. S. F.; REIS, J.A. T dos. Análise de variação e comparação de índices de estado trófico: reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos de Rio Bonito e Suíça. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n.1, jan/fev 2018, p. 55-62 55.
- BANDEIRA, A. P. N. **Mapa de Risco de Erosão e Escorregamento das Encostas com Ocupação Desordenadas do Município de Camaragibe-PE.** Dissertação (Departamento de Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pernambuco – UFPE, 2003.
- BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F.; Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.6, n.3, p.172-188, 2011.
- BASTOS, C. A. B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados.** 1999. 251f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- BAZZARELLA, B.B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações.** Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em

Engenharia Ambiental)- Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: 8 Ed. Ícone, 2012. 360p.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. PRODUÇÃO A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa. **PRODUÇÃO**. Vol.9. n. 2. p. 65-76. ABEPRO. Rio de Janeiro. 2000.

BERTOSSI, A. P. Cobertura do solo e qualidade de águas para fins de irrigação. **Comunicata Scientiae** 5(2): 178-186, 2014 e-ISSN: 2177-5133. Disponível em <<https://comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/viewFile/285/242>>.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: 7 ed. São Paulo: Ícone, 2010.

BIUDES, J.F.V.; CAMARGO, A. F. M. Estudo dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil. **Revista Oecologia Brasiliensis** ,12 (1): 7-19, 2008.

BISPO, T. B. **Análise de qualidade de água no município de Juazeiro do Norte-CE**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável – PRODER) – Universidade Federal do Cariri, UFCA, 2015.

BIJU, B. P. (2015). **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) na indicação de possíveis áreas aptas à disposição de resíduos de construção e de demolição**. Dissertação de mestrado (Departamento de Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba.

BORGES et al. Monitoramento da Qualidade Hídrica e Eficiência de Interceptores de Esgoto em Cursos d'Água Urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Jaboticabal. **Revista Brasileira de Recursos hídricos**, V.8, n.2, p. 161 a 171, Abr./Jun. 2003.

BORGES, L. Z. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2003. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

BRASIL. Agência Nacional das Águas (ANA); Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. Brasília: ANA, 2011a. 154p. Disponível em <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/CuidandoDasAguas-Solucao2aEd.pdf>>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2018.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei nº 9.433 de 1997.

BRASIL. Sistema Nacional de Unidade de Conservação. Lei nº 9.985 de 2000.

BRASIL. Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. Política Nacional de Educação Ambiental. Lei nº 9795, de 27 de abril de 1999.

BRASIL. Lei de Crimes Ambientais. Lei n.º 9.605 de 12 de fevereiro de 1998.

BRASIL. Resolução nº357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2005.

BURNAT, J. M. Y.; MAHMOUD, N. **Evaluation of on-site gray wastewater treatment plants performance in Bilien and Biet-Diko Villages/ Palestine.** In: International water demand management conference, Dead Sea, Jordan, 2004. Disponível em: <http://www.wdm2004.org/new_web/technical_session/files/jamal_burnat.pdf>.

CARDOSO, S. L. C, SOBRINHO, M. V., VASCONCELLOS, A. M. A, Gestão ambiental de parques urbanos: o caso do Parque Ecológico do Município de Belém Gunnar Vingren. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 2015 jan./abr., 7(1), 74-90.

CARDOSO, C.A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Rev. Árvore, Viçosa-MG**, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

Carta da Terra – Organização das Nações Unidas, 2002.

CARVALHO, J. C. de; LIMA, M. C.; MORTARI, D. **Considerações sobre prevenção e controle de voçorocas.** VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia- GO, 03 a 06 de maio de 2001.

CARVALHO, P. C. T. **Despoluição de recursos hídricos o caso da Baía da Guanabara.** UFJF. Monografia. Engenharia Civil. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013.

CARVALHO, J. C. DE.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M DE.; MELO, M. T. DA S. Processos erosivos no Centro-Oeste Brasileiro. Universidade de Brasília: FINATEC, 2006.

CARDOSO, I. L. ANDRADE, M. H. S. CORREA, J de S. BARROS, de A. Índice de Estado Trófico (IET) e Biological Monitoring Working Party (BMWP): uma análise comparativa para avaliação da qualidade da água. **Revista eletrônica de biologia (REB)**, v. 7, n. 3 (2014).

CASTRO, D.; MELO. R. S. P.; POESTER, G. C. **Práticas para restauração da mata ciliar.** Porto Alegre: Catarse – Coletivo de Comunicação, 2012. Disponível em< http://www.onganama.org.br/pesquisas/Livros/Livro_Praticas_Restauracao_Mata_Cilia

[r.pdf](#) >. Acesso em: 13 de março de 2018.

CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Indicadores de Qualidade da Água. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>>.

COSTA, T. D.; LANÇA,. **HIDROLOGIA DE SUPERFICIE**. FARO: INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA, 2011.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CLARINDO, G. S. **Avaliação da Erodibilidade do solo do Parque Natural Municipal das Timbaúbas**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Cariri, UFCA, 2018.

COGO, N. P. LEVIEN. R.; SCHWARZ. R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:743-753, 2003.

CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MACFARLANE, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. **Desalination**. V.106, n. 1-3, p. 391-397, 1996.

DANTAS, F. V. A.; LEONETI, A. B.; OLIVEIRA, S. V. W. B.; OLIVEIRA, M. M. B. UMA ANÁLISE DA SITUAÇÃO DO SANEAMENTO NO BRASIL. **FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão**, v.15, n.3 - p.272-284 – set/out/nov/dez 2012.

DALFOVO, M. S.; LANA, R. A.; SILVEIRA, A. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, Blumenau, v.2, n.4. 2008.

DOMINGOS, J. L. (2006). “**Estimativa de perda de solo por erosão hídrica em uma Bacia Hidrográfica**”. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005.

DULLEY, R.D. Noção de natureza, ambiente, meio ambiente, recursos ambientais e recursos naturais. In: **Agric. São Paulo**, São Paulo, v. 51, n. 2, p. 15-26, jul./dez. 2004.

ESTEVES, F. A.; 1998, Fundamentos de Limnologia, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 244-254.

FEITOSA, J. R. L.; BANDEIRA, A. P. N. **Caracterização geotécnica de uma área com processo erosivo no município de Barbalha-CE**. 3º Encontro Universitário da UFC no Cariri Juazeiro do Norte-CE, 26 a 28 de outubro de 2011.

FERREIRA, et. al.; **Caracterização Morfométrica da Bacia hidrográfica do Açude Cachoeira II no município de Serra Talhada_PE, Brasil**. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, Maio de 2010.

FERREIRA, K. C.D.; LOPES, G. S. da S.; ANDRADE, E. M de A.; MEIRELES, A. C. M; SILVA, G. S. da. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 2 (2015).

FANGNANI, E.; GUIMARÃES, J. R.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. Sulfetos volatilizáveis por acidificação e metais extraídos simultaneamente na avaliação de sedimentos de água doce. **Revista Quim. Nova**, Vol. 34, No. 9, 1618-1628, 2011.

FILHO, G. M. M. et al. AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO – TO. **REVISTA DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**, Canoas, v. 7, n. 1, p. 37-48, Julho 2013. ISSN 1981-8858.

FIORUCCI, A. R; BENEDETTI-FILHO, E. **A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos**. Química Nova na Escola, n. 22, p. 10-16, 2005.

FONSECA, S. F.; SANTOS, D. C.; HERMANO, V. M. Geoprocessamento aplicado à análise dos impactos socioambientais urbanos: estudo de caso do bairro Santo Expedito em Buritizeiro/MG. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 30, n. 3, 2013

GARCÍA-RUIZ, J.M. The effects of land uses on soil erosion in Spain: a review. *Catena*, v. 81, p. 1– 11, 2010.

GUIMARÃES, R. Z.; LINGNAU, C.; RIZZI, N. E.; BIANCHI, R. DE. C.; SCHEICHI, R.G. Espacialização da perda de solo por erosão laminar na microbacia do rio campinas, Joinville - SC. **RA E GA 23 (2011)**, p. 534-554. Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR.

GOBBO, C. G. R. (2014). **“Avaliação da potabilidade das águas e dos impactos ambientais macroscópicos das nascentes em Uberaba, Minas Gerais”**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Disponível em: <<http://bdtd.uftrm.edu.br/bitstream/tede/271/5/Dissert%20Carolina%20G%20R%20Gobbo.pdf>>.

GONCALVES, F. B.; MENEZES, M. S. Análise comparativa de índices bióticos de avaliação de qualidade de água, utilizando macroinvertebrados, em um rio litorâneo do estado do Paraná, sul do Brasil. **Biota Neotrop**. 2011, vol.11, n.4, pp.27-36.

HENRY-SILVA, G. G.; A importância das unidades de conservação na preservação da diversidade biológica. **Revista LOGOS**, n. 12, 2005. Disponível em <<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/190/UC.pdf>> . Acesso em: 19 de março de 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades, 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 23 de dezembro de 2018.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Juazeiro do Norte: perfil básico do município**. Fortaleza/CE. 2010. Disponível em: <www.ipece.ce.gov.br/.../perfil_basico/PBM.../Juazeiro%20do%20Norte.pdf> Acesso em 20 de dezembro de 2018.

INÁCIO, E. S. B.; CANTALICE, P.G.S.N.; ARAUJO, Q.R.; BARRETO, A. C. Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.4, p.355–360, 2007 -Campina Grande, PB.

JUAZEIRO DO NORTE. Decreto Municipal nº 1.183/1997. Dispõe sobre a delimitação do Parque ecológico das Timbaúbas, área de proteção de mananciais e do meio ambiente.

JUAZEIRO DO NORTE. Decreto Municipal nº 352 de outubro de 2017. Dispõe sobre a criação do Parque Natural Municipal das Timbaúbas como Unidade de Conservação de Proteção Integral. Disponível em < <https://www.juazeiro.ce.gov.br/Imprensa/Diario-Oficial/Num4616-07112017/>>.

JUAZEIRO DO NORTE. Prefeitura Municipal de Juazeiro Do Norte. (Org.). **Estudo técnico para criação de Unidade de conservação em Juazeiro do Norte - CE**. Juazeiro do Norte: Prefeitura Municipal de Juazeiro do Norte, 2017.

LAFAYETTE, K. P. V. (2006). “**Estudo geológico – geotécnico do processo erosivo em encostas no parque metropolitano armando de Holanda Cavalcanti - Cabo de Santo Agostinho/PE**”. Tese de Doutorado, UFPE. GTG. Engenharia Civil, Recife-PE.

LIMA, W.P. **Hidrologia Florestal aplicado ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba, Ed. 2. Dez. 2008.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B.. Introdução à química da água: ciência, vida e sobrevivência. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

LLOPIS TRILHO, G. (1999), Control de la Erosión y Obras de Desague. Manual de Estabilizacion y Revegetación de Taludes. Entorno Grafico S. L., Madri.

LEFF, Enrique. Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

LIMA, G. G; RIBEIRO, S.C. Geomorfologia e paisagem do Município de Juazeiro do Norte/CE: relações entre a natureza semi-árida e os impactos antrópicos. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.2, n.4, p.520 – 530. 2012.

LIMA, Analice; RODRIGUES, Roger Augusto. Terminologia e simbologia. Solos Não Saturados no Contexto Geotécnico. Livro ABMS. 2015.

MANNERING, J. V.; MEYER, L. D. The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, v.27, n.1, p.84-86, 1963.

MACEDO, C. C. A. PEREIRA, C. M. C.; OLIVEIRA, J. L. **Avaliação de impacto ambiental da atividade antrópica no Parque Ecológico da Timbaúbas no Município de Juazeiro do Norte-CE.** Monografia apresentada ao Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus Juazeiro do Norte-CE*, 2014.

MAEDA, E. E. Influência das mudanças do uso e cobertura da terra no escoamento superficial e produção de sedimentos na Região da Bacia do Alto Xingu. São José dos Campos: INPE, 2008.

MAGALHÃES, R. A. **Erosão: Definições, Tipos e Formas de Controle.** VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia- GO, 03 a 06 de maio de 2001.

MACINTYRE, A. J. Instalações hidráulicas prediais e industriais. Rio de Janeiro: LTC, 3. ed. 1996.

MEIRA, F.F. De. A. (2008). “**Estudo do processo erosivo em encostas ocupadas.**” Tese de Doutorado, UFPE. GTG. Engenharia Civil, Recife-PE.

MIKHAILOVA, I. sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, nº 16, 2004. Disponível em < http://w3.ufsm.br/depcie/arquivos/artigo/ii_sustentabilidade.pdf>.

MMA – **Ministério do Meio Ambiente.** Departamento de águas doces. Disponível em< <http://www.mma.gov.br/agua/agua-doce>>. Acesso em: 02 de março de 2018.

MAINIER, F. B.; VIOLA, E.D.M. **O SULFETO DE HIDROGÊNIO (H₂S) E O MEIO AMBIENTE.** II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT’2005.

MALTCHIK, L.; ROLON, A.S.; GUADAGNIN, D. & STENERT, C. 2004. Wetlands of the RS: a classification supported by aquatic plants. *Acta Limnologica Brasiliensia*.

NAGEL, F.; STORGATTO, G.; BASSO, L.; NUMMER, A. V.; PINHEIRO, R. J. B; **Ensaio Interbitzen: estudo da erodibilidade de solos e rochas sedimentares.** Disponível em:< <https://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/geors2009/2009-nagel-storgatto.pdf>>. Acesso em: 19 de março de 2018.

NETO, A. F. S. GUIMARÃES, C. L.; ARAÚJO, J. S. de.; ARAÚJO, J. S. de. **Geotecnologias para a caracterização morfométrica de bacia hidrográfica.** XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.

NICOLE, M. M. D. **Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo.** Revista de Engenharia Agrícola., Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, jan./abr. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/eagri/v25n1/24877.pdf>>. Acesso em: 10 de janeiro de

2018.

OLIVEIRA, J. L. (2014) “**Avaliação de indicadores de poluição de solos e águas e suas implicações no sistema de abastecimento público de Juazeiro Do Norte-CE**”. Dissertação de Mestrado – UFC. Engenharia Civil, Fortaleza-CE.

OLIVEIRA, F. P. DE. **Modelagem do escoamento superficial e da erosão hídrica em bacia rural em Arvorezinha, RS, utilizando WEPP**. Tese de Doutorado – UFRS. Porto Alegre, 2010.

PALMA-SILVA, C.; ALBERTONI, E.F. & ESTEVES, F.A. 2000. *Eleocharis mutata* (L.) Roem. et Schult. subject to drawdowns in a tropical coastal lagoon, State of Rio de Janeiro, Brazil. **Plant Ecology**, 148: 157-164.

PALMA-SILVA, C.; ALBERTONI, E.F. & ESTEVES, F.A. 2005. Clonal growth of *Typha domingensis* Pers., subject to drawdowns and interference of *Eleocharis mutata* (L.) Roem. et Schult. in a tropical coastal lagoon (Brazil). *Wetlands Ecology and Management*, 13(2): 191-198.

PIASENTIN, A. M.; SEMENSATTO JUNIOR, D.S.; SAAD, A. R.; MONTEIRO JUNIOR, A. J.; RACZKA, M. F. índice de qualidade da água (IQA) do reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): Análise Sazonal e efeitos do uso e ocupação do solo. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 28, n. 3, p. 305-317, 2009

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 467p

POHLING, Rolf. **Reações Químicas na Análise de água**. 1ª Edição. Fortaleza. Editora Ltda, 2009.

RAMPELOTTO, G. **Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reuso doméstico**. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2014.

REBÊLO, M. M. P. S. **Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbico com chicanas**. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em recursos hídricos). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

REZENDE, D. DE A. **Implantação de um SIG Ambiental na Gestão Municipal**. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO – 19 a 22/11/2012.

ROQUE, Y. C.V. **Proposta de recuperação do parque ecológico das timbaúbas com base nos indicadores de qualidade da água e do solo no município de Juazeiro do Norte-CE**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Instituto Federal do Ceará, campus Juazeiro do Norte-CE, 2014.

SANTOS, A.M. & ESTEVES, F.A. 2002. Primary production and mortality of *Eleocharis interstincta* in response to water level fluctuations. **Aquatic Botany**, 74(3): 189-199.

SANTOS, A.M. & ESTEVES, F.A. 2004. Influence of water level fluctuation on the mortality and aboveground biomass of the aquatic macrophyte *Eleocharis interstincta* (VAHL) Roemer et Schults. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 47(2): 281-290.

SANTOS, S. R. Métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa biomédica. **Jornal de Pediatria** - Vol. 75, Nº6, 1999. Disponível em < <http://www.jped.com.br/conteudo/99-75-06-401/port.pdf>>.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N.W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**. v. 7, n.3, 2012

SANTOS, A. A. P. **Diagnostico ambiental do Parque Ecológico das Timbaúbas-Propostas de intervenções**. SEMACE, 2003.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Chuvas Intensas Relacionadas à Erosão Hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.14, n.2, p.115- 123, 2010.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N.W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**. v. 7, n.3, 2012.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente**. São Paulo: Nobel, 1993.

SOS MATA ATLANTICA. Relatório da Análise da qualidade da água (2018). Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/observando-os-rios/analise-da-qualidade-da-agua/>>. Acesso em 20 de junho de 2020.

SOUSA, F. R. C. de; PAULA, D. P. de. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará–Brasil). **REGNE**, Vol. 2, Nº Especial (2016).

SOUSA, J. B. DE. (2014). **“Qualidade ambiental relacionada às propriedades químicas e físicas do solo: estudo de caso da zona aluvionar do Riacho dos Macacos Juazeiro do Norte – Ceará”**. Monografia apresentada ao Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus Juazeiro do Norte-CE.

SOUZA NETO, J. B. **Comportamento de um solo colapsível avaliado a partir de ensaios de laboratório e campo, e previsão de recalques devidos à inundação (colapso)**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004

SALLAM, G. A.H.; EISAYED, E.A. Estimating relations between temperature, relative humidity as independent variables and selected water quality parameters in Lake Manzala, Eg. **Ain Shams Engineering Journal**, November 2015.

SOBRINHO, V. F.; RODRIGUES, J. O.; MENDONÇA, L. A. R.; ANDRADE, E.M. de A.; TAVARES, P. R. L. Desenvolvimento de equações Intensidade-Duração-

Frequência sem dados pluviográficos em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.727–734, 2014, -Campina Grande, PB.

SILVA, F.H. da.; SABINO, S. F. J.; GARNÉS, J. dos A.. Índices bióticos para avaliação da qualidade ambiental em trechos do rio Correntoso, Pantanal do Negro, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. v. 33, n. 3, p. 289-299, 2011, Maringá. Disponível em <file:///C:/Users/Camila/Downloads/1478-54953-2-PB.pdf>>. Acesso em 12 de junho de 2019.

SAAD. A. R.; VARGAS; R. R.; LOPES, J. C.; ARRUDA, R. de O. M.; QUEIROZ, W. de. Índice de estado trófico da bacia hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande, Garulhos (SP): Análise Comparativa entre as zonas rural e urbana. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 32, n. 4, p.611-624 , 2013.

TÁRREGA, Maria Cristina Vidotte Blanco(org.). **Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: RCS Editora, 2007.

TEODORO, V. L.; TEXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito da bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**. n. 20, 2007.

THEBALDI, M. S.; SILVA, A. V.; LEAL, B. P.; BORGES I.C.; MARTINS, I. P.; FERNADES, L.R. Concentração de nutrientes na água de duas lagoas urbanas do Município de Formiga. In: **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** v. 11(2): 172-184, 2017.

THOMAZ, S.M.; PAGIORO, T.A.; BINI, L.M. & MURPHY, K.J. 2006. Effects of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large subtropical reservoir (Itaipu, Brazil). **Hydrobiologia**, 570: 53-59.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1993.

TUCCI, C. E. **Hidrologia: Ciência e Aplicação** (4ª ed.). Porto Alegre, Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3. ed. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: DESA (Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental) UFMG, 2011.

ANEXO I

VARIÁVEIS	T (° c)	pH	OD	TURBIDEZ	DBO	NITROG. AMONIA CAL	NITRITO	NITRATO	CLORETOS	FOSFORO	SULFETO	SULFATO	SÓLIDOS SEDIMENTA VEIS	SÓLIDOS TOTA LIS	SÓLIDOS DISSOLVI DOS	CLOR. "A"
TEMPERATURA	1															
pH	-0.8009	1														
OD	-0.7331	0.5565	1													
TURBIDEZ	-0.3503	0.6131	0.0935	1												
DBO	-0.6192	0.6893	0.2342	0.4248	1											
N. AMONIA CAL	0.2249	-0.3980	0.1963	-0.5226	0.6624	1										
NITRITO	0.0757	-0.0963	0.2036	-0.0138	0.2872	0.1496	1									
NITRATO	-0.2553	0.2813	0.0526	0.2424	0.3708	-0.4551	0.0176	1								
CLORETOS	0.3319	-0.3828	0.1050	-0.2806	0.4806	0.5802	0.0394	-0.2857	1							
FOSFORO	0.3249	-0.1251	-0.0835	0.0695	0.2343	0.3107	0.0998	0.0708	0.233	1						
SULFETO	0.6744	-0.5344	-0.8697	-0.2123	0.1046	-0.1832	0.4033	-0.0182	-0.0657	0.1802	1					
SULFATO	0.0651	-0.0532	-0.1772	-0.2089	0.0314	-0.1284	0.3009	0.4555	0,0296	-0.0136	0.2057	1				
S.SEDIMENTA VEIS	-0.3263	0.4412	0.3004	0.3596	0.3475	0.0989	0.1841	0.1289	-0.0173	0.3705	-0.3547	-0.1771	1			
S.TOTA LIS	0.2691	-0.1440	-0.1699	-0.0476	0.2085	-0.1189	0.5967	-0.0621	-0.2857	-0.2201	0.0606	0.0162	-0.4835	1		
S.DISSOLVI DOS	0.1917	-0.1331	-0.2157	0.1925	0.0752	-0.3959	0.3461	0.2180	-0.1626	-0.2201	0.1623	0.3076	-0.4698	0.5309	1	
CLOROFILA <i>a</i>	-0.6174	0.4124	0.6182	0.0989	0.2229	0.0349	0.2306	0.1006	-0.2686	-0.0217	-0.6183	-0.2089	0.1725	0.0221	-0.1337	1